EDISI REVISI 2017

ILMU PENGETAHUAN ALAM

SMP/MTs
KELAS
VIII
SEMESTER 2

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Indonesia. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
Ilmu Pengetahuan Alam/Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.-- .
Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2017.
xviii, 270 hlm. : ilus. ; 25 cm.

Untuk SMP/MTs Kelas VIII Semester 2
ISBN 978-602-282-314-8 (jilid lengkap)
ISBN 978-602-282-318-6 (Jilid 2)

1. Sains -- Studi dan Pengajaran I. Judul
II. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

507

Penulis : Siti Zubaidah, Susriyati Mahanal, Lia Yuliati, I Wayan Dasna, Ardian A. Pangestuti, Dyne R. Puspitasari, Hamim T. Mahfudhillah, Alifa Robitah, Zenia L. Kurniawati, Fatia Rosyida, dan Mar'atus Sholihah.
Penelaah : Ana Ratna Wulan, Herawati Susilo, I Made Padri, Dadan Rosana, Enny Ratnaningsih, Maria Paristiowati, dan Ahmad Mudzakir.
Pe-*review* : Farikhah A idah
Penyelia Penerbitan : Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Balitbang, Kemendikbud.

Cetakan Ke-1, 2014 ISBN 978-602-1530-65-8 (jilid 2b)
Cetakan Ke-2, 2017 (Edisi Revisi)
Disusun dengan huruf Georgia, 12 pt.

Kata Pengantar

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi peserta didik dari sisi pengetahuan, keterampilan, dan sikap secara utuh. Proses pencapaiannya melalui pembelajaran sejumlah mata pelajaran yang dirangkai sebagai suatu kesatuan yang saling mendukung pencapaian kompetensi tersebut. Bila pada jenjang SD/MI, beberapa mata pelajaran digabung menjadi satu dan disajikan dalam bentuk tema-tema, maka pada jenjang SMP/MTs pembelajaran sudah mulai dipisah-pisah menjadi mata pelajaran.

Sebagai transisi menuju ke pendidikan menengah, pemisahan ini masih belum dilakukan sepenuhnya bagi peserta didik SMP/MTs. Materi-materi dari bidang-bidang ilmu Fisika, Kimia, Biologi, serta Ilmu Bumi dan Antariksa masih perlu disajikan sebagai suatu kesatuan dalam mata pelajaran IPA (Ilmu Pengetahuan Alam). Hal ini dimaksudkan untuk memberikan wawasan yang utuh bagi peserta didik SMP/MTs tentang prinsip-prinsip dasar yang mengatur alam semesta beserta segenap isinya.

Buku IPA Kelas VIII SMP/MTs ini disusun dengan pemikiran di atas. Bidang ilmu Biologi dipakai sebagai landasan (*platform*) pembahasan bidang ilmu yang lain. Makhluk hidup digunakan sebagai objek untuk menjelaskan prinsip-prinsip dasar yang mengatur alam seperti objek alam dan interaksinya, energi dan keseimbangannya, dan lain-lain. Melalui pembahasan menggunakan bermacam bidang ilmu dalam rumpun ilmu pengetahuan alam, pemahaman utuh tentang alam yang dihuninya beserta benda-benda alam yang dijumpai di sekitarnya dapat dikuasai oleh peserta didik SMP/MTs.

Sebagai salah satu rumpun ilmu yang digunakan untuk mengukur kemajuan pendidikan suatu negara, pemahaman peserta didik suatu negara terhadap IPA dibandingkan secara rutin sebagaimana dilakukan melalui TIMSS (*The Trends in International Mathematics and Science Study*) dan PISA (*Program for International Student*

Assessment). Melalui penilaian internasional seperti ini kita dapat mengetahui kualitas pembelajaran IPA dibandingkan dengan negara lain. Materi IPA pada Kurikulum 2013 ini telah disesuaikan dengan tuntutan penguasaan materi IPA menurut TIMSS dan PISA.

Sesuai dengan konsep Kurikulum 2013, buku ini disusun mengacu pada pembelajaran IPA secara terpadu dan utuh, sehingga setiap pengetahuan yang diajarkan, pembelajarannya harus dilanjutkan sampai membuat peserta didik terampil dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasainya secara konkret dan abstrak, dan bersikap sebagai makhluk yang mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan yang digunakan dalam Kurikulum 2013, peserta didik diberanikan untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serap peserta didik dengan ketersediaan kegiatan pada buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari lingkungan sosial dan alam.

Sebagai edisi pertama, buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Februari 2017

Tim Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar iii
Daftar Isi v
Daftar Gambar viii
Daftar Tabel xii
Petunjuk Penggunaan Buku xiii

Bab 7 Tekanan Zat dan Penerapannya dalam Kehidupan Sehari-hari 1
A. Tekanan Zat 3
1. Tekanan Zat Padat 5
2. Tekanan Zat Cair 6
3. Tekanan Gas 20
B. Aplikasi Konsep Tekanan Zat dalam Makhluk Hidup 23
1. Pengangkutan Air dan Nutrisi pada Tumbuhan 24
2. Tekanan Darah pada Sistem Peredaran Darah Manusia 29
3. Tekanan Gas pada Proses Pernapasan Manusia 31
Uji Kompetensi 38

Bab 8 Sistem Pernapasan Manusia 45
A. Struktur dan Fungsi Sistem Pernapasan Manusia 48
1. Organ Pernapasan Manusia 48
2. Mekanisme Pernapasan Manusia 54
3. Frekuensi Pernapasan 56
4. Volume Pernapasan 58
B. Gangguan pada Sistem Pernapasan Manusia dan Upaya untuk Mencegah atau Menanggulanginya 62
1. Influenza 63
2. Tonsilitis 64
3. Faringitis 65
4. Pneumonia 65

5. Tuberculosis (TBC) 67
6. Asma 68
7. Kanker Paru-paru 68
Uji Kompetensi 76

Bab 9 Sistem Ekskresi Manusia 79
A. Struktur dan Fungsi Sistem Ekskresi pada Manusia 82
1. Ginjal 82
2. Kulit 89
3. Paru-paru 91
4. Hati 93
B. Gangguan pada Sistem Ekskresi Manusia dan Upaya untuk Mencegah atau Menanggulanginya 96
1. Nefritis 100
2. Batu Ginjal 100
3. Albuminuria 101
4. Hematuria 101
5. Diabetes Insipidus 101
6. Kanker Ginjal 102
7. Jerawat 103
8. Biang Keringat 103
Uji Kompetensi 110

Bab 10 Getaran dan Gelombang dalam Kehidupan Sehari-hari 115
A. Getaran, Gelombang, dan Bunyi 116
1. Getaran 116
2. Gelombang 119
3. Bunyi 127
B. Mekanisme Mendengar pada Manusia dan Hewan 140
1. Mekanisme Pendengaran Manusia 140
2. Pendengaran pada Hewan 146
C. Aplikasi Getaran dan Gelombang dalam Teknologi 149
1. Ultrasonografi (USG) 149
2. Sonar 150
3. Terapi Ultrasonik 151
4. Pembersih Ultrasonik 152
5. Sonifikasi 153

6. Pengujian Ultrasonik 154
Uji Kompetensi 160

Bab 11 Cahaya dan Alat Optik 165
A. Sifat Cahaya dan Proses Pembentukan Bayangan 167
1. Sifat-Sifat Cahaya 167
2. Pembentukan Bayangan pada Cermin 174
3. Lensa 191
B. Indra Penglihatan Manusia dan Hewan 198
1. Indra Penglihatan Manusia 198
2. Indra Penglihatan Serangga 210
C. Alat Optik dalam Kehidupan Sehari-hari 212
1. Kamera 213
2. Kaca Pembesar (Lup) 214
3. Mikroskop 215
4. Teleskop 217
Uji Kompetensi 224

Informasi Pelaku Penerbitan 229
Daftar Pustaka 243
Glosarium 247
Indeks 260
Catatan 263

Daftar Gambar

Gambar

7.1 Jalanan Berlumpur, (b) Sepatu Boot, (c) Sepatu Hak Tinggi 2
7.2 (a) Kaki Angsa, (b) Kaki Ayam 3
7.3 Posisi Uang Logam pada Plastisin, (a) Vertikal, (b) Horizontal 4
7.4 Menyelam Melihat Pesona Bawah Laut 6
7.5 Rangkaian Alat Percobaan Tekanan Zat Cair 7
7.6 Struktur Bendungan Air 10
7.7 Kapal Selam 10
7.8 Rangkaian Alat Percobaan Hukum Archimedes 11
7.9 Gaya yang Bekerja pada Batu yang Tenggelam 12
7.10 Struktur Kapal Laut 14
7.11 Mekanisme Pengeluaran dan Pemasukan Air dalam Kapal Selam 15
7.12 Pompa Hidrolik Pengangkat Mobil 16
7.13 Model Percobaan Pascal 17
7.14 Model Dongkrak Hidrolik 18
7.15 Tekanan Udara pada Kertas HVS sehingga Mampu Menahan Air 21
7.16 (a) Kondisi Balon Karet pada Erlenmeyer yang Berisi Air Dingin, (b) Kondisi Balon Karet pada Erlenmeyer yang Berisi Air Panas 22
7.17 Balon Udara 23
7.18 Tumbuhan Pacar Air 25
7.19 Jalur Pengangkutan Air Ketika Masuk Ke Dalam Akar 26
7.20 Pengangkutan Air dari Akar Menuju Daun 27
7.21 Pengangkutan Nutrisi Nutrisi Hasil Fotosintesis pada Tumbuhan 29
7.22 *Sphygmomanometer* 30
7.23 Cara Pengukuran Tekanan Darah 30
7.24 Difusi Gas pada Proses Pernapasan dan Sirkulasi 32
8.1 Sistem Pernapasan pada Manusia 49
8.2 Struktur Organ Pernapasan: Rongga Hidung, Faring, dan Laring 51
8.3 Struktur Pita Suara dalam Laring 52
8.4 Struktur Paru-Paru, Bronkus, Bronkiolus, dan Alveolus 53
8.5 Mekanisme Pernapasan Dada dan Perut saat Inspirasi dan Ekspirasi 54
8.6 Rangkaian Percobaan Pengukuran Volume Pernapasan dengan Botol Air Mineral Terisi Air Penuh 59

8.7 Rangkaian Percobaan Pengukuran Volume Pernapasan dengan Botol Air Mineral Terisi Udara dengan Volume 1.500 mL.............. 60
8.8 Virus Influenza 63
8.9 Tonsilitis.. 64
8.10 (a) Faringitis, (b) Bakteri Penyebab Faringitis, *Streptococcus pyogenes*.. 65
8.11 (a) Paru-Paru Normal (b) Paru-Paru Penderita Pneumonia.......................... 66
8.12 Kondisi Alveolus Normal dan Alveolus Penderita Pneumonia.................... 66
8.13 (a) Paru-Paru Penderita TBC, (b) Bakteri Penyebab Penyakit TBC, *Mycobacterium tuberculosis*.. 66
8.14 Kondisi Bronkus Normal dan Penderita Asma 68
8.15 Kanker Paru-paru 69
9.1 Zat Sisa dalam Tubuh Manusia dan Organ yang Terlibat dalam Proses Pengeluaran Zat Sisa 81
9.2 Ginjal dan Struktur Penyusunnya 83
9.3 Struktur Badan Malpighi 84
9.4 Perangkat Model Penyaringan Darah 85
9.5 Struktur Badan Malpighi dan Proses Filtrasi 86
9.6 Proses Reabsorpsi 87
9.7 Sistem dalam Pembentukan Urine.. 88
9.8 Lipatan Kertas untuk Merangkum.. 88
9.9 Seseorang sedang Berkeringat.. 89
9.10 Struktur Anatomi Kulit 89
9.11 Struktur Paru-Paru pada Manusia 91
9.12 Struktur Anatomi Hati 93
9.13 Bagan Proses Pemecahan Sel Darah Merah.. 94
9.14 Perbandingan Jumlah Air yang Keluar dari Tubuh pada Lingkungan yang Berbeda 96
9.15 Ginjal Penderita Nefritis.. 100
9.16 Kristal (Batu) dalam Ginjal 100
9.17 Jerawat.. 103
9.18 Biang Keringat 104
10.1 Bandul Sederhana 117
10.2 Grafik Simpangan terhadap Arah Rambat.. 122
10.3 Slinki 123
10.4 Rapatan dan Regangan pada Gelombang Longitudinal 124
10.5 (a) Gelombang pada Air, (b) Gelombang pada Tali 126
10.6 Gelombang Bunyi yang Merambat Menuju Telinga 129
10.7 Penggaris Plastik yang Digetarkan.. 130
10.8 Gitar 134
10.9 Percobaan Garpu Tala 135
10.10 Seorang Siswa Mendengarkan Garpu Tala 136
10.11 Bagan Percobaan Resonansi 136
10.12 Perangkat Percobaan Pemantulan Bunyi 138

10.13 Sketsa Model Telinga Manusia 141
10.14 Bagan Percobaan Getaran pada Gendang 143
10.15 Anatomi Telinga Manusia 143
10.16 Proses Mendengar pada Manusia 145
10.17 Sistem Sonar pada Kelelawar 146
10.18 Ekolokasi Kelelawar 147
10.19 Lumba-Lumba 148
10.20 Sistem Sonar pada Lumba-Lumba 148
10.21 (a) Transduser USG, (b) Komputer Pemroses Hasil USG, (c) Hasil USG Bayi 150
10.22 Mengukur Kedalaman Laut 151
10.23 Terapi Batu Ginjal dengan Gelombang Ultrasonik 152
10.24 (a) Alat Pembersih Ultrasonik, (b) Gelombang dan Gelembung dalam Pembersih Ultrasonik, (c) Mesin yang Dibersihkan dengan Alat Pembersih Ultrasonik 153
10.25 Sonikator 153
10.26 (a) Alat Uji Ultrasonik, (b) Teknisi Menguji Kebocoran pada Pipa Besi Menggunakan Alat Uji Ultrasonik 154
11.1 (a) Berbagai Bunga, (b) Pemandangan Alam Gunung Bromo 166
11.2 Set Percobaan Perambatan Cahaya 168
11.3 Pemantulan Baur dan Pemantulan Teratur 169
11.4 Proses Pemantulan Cahaya pada Cermin Datar 169
11.5 Posisi Sudut Datang dan Sudut Pantul 170
11.6 Set Percobaan Pembiasan 171
11.7 (a) Pembiasan Berkas Cahaya, (b) Pembiasan pada Sendok di dalam Gelas Berisi Air 172
11.8 Spektrum Elektromagnetik 173
11.9 Bayangan yang Terbentuk pada Cermin Datar 175
11.10 Pembentukan Bayangan pada Cermin Datar 176
11.11 Pembentukan pada Dua Buah Cermin Datar 177
11.12 Penampang Melintang Cermin Lengkung 178
11.13 Set Percobaan Cermin Cekung 179
11.14 Pemantulan pada Cermin Cekung 181
11.15 Pembentukan Bayangan jika Benda Berada pada Jarak Lebih dari *R* pada Cermin Cekung 183
11.16 Pembentukan Bayangan jika Benda Berada pada Titik Fokus pada Cermin Cekung 183
11.17 Pembentukan Bayangan jika Benda Berada di antara Cermin dan Titik Fokus pada Cermin Cekung 184
11.18 Pembagian Ruang pada Cermin Cekung Menurut Dalil Esbach 184
11.19 Gambar Diagram Sinar pada Cermin Cekung 186
11.20 Pembentukan Bayangan pada Cermin Cembung, Bayangan yang Terbentuk Bersifat Maya dan Tegak 188
11.21 Gambar Diagram Sinar pada Cermin Cembung 190

11.22 Lensa Cembung dan Lensa Cekung 191
11.23 Set Percobaan Lensa Cembung 192
11.24 Pembentukan Bayangan oleh Lensa Cembung 194
11.25 Pembentukan Bayangan oleh Lensa Cekung 196
11.26 Susunan Alat-alat Percobaan Pembentukan Bayangan pada Mata........ 199
11.27 Bagian-Bagian Mata 200
11.28 Perubahan Kecembungan Lensa Mata ketika Melihat Benda Jauh dan Dekat 203
11.29 Sel Batang dan Kerucut pada Retina 204
11.30 Jalur Sinar dalam Mata 205
11.31 Perubahan Fokus Sinar pada Rabun Dekat 206
11.32 Perubahan Fokus Sinar pada Rabun Jauh 208
11.33 Huruf Tokek untuk Mengecek Kelainan Buta Warna 209
11.34 Mata Majemuk pada Mata Lalat 210
11.35 Skema Kamera Obscura 213
11.36 Pembentukan Bayangan pada Kamera Analog 214
11.37 Kaca Pembesar (Lup) 214
11.38 (a) Pengamatan Menggunakan Lup dengan Mata Berakomodasi Maksimum, (b) Pengamatan Menggunakan Lup dengan Mata Tidak Berakomodasi 216
11.39 Mikroskop Cahaya 216
11.40 Pembentukan Bayangan pada Mikroskop 216
11.41 Teleskop Bias 217
11.42 Teleskop Pantul 218

Daftar Tabel

Tabel

7.1 Data Hasil Percobaan Tekanan Zat Cair 8
7.2 Data Hasil Percobaan Hukum Archimedes........ 12
7.3 Pertanyaan untuk Refleksi Terkait Tekanan Zat dan Penerapannya dalam Kehidupan Sehari-hari........ 33
8.1 Hasil Perhitungan Frekuensi Pernapasan........ 46
8.2 Data Perhitungan Frekuensi Pernapasan........ 57
8.3 Volume Pernapasan Berdasar Hasil Percobaan........ 61
8.4 Gejala Penderita Gangguan Pernapasan 63
8.5 Pertanyaan/Pernyataan untuk Refleksi Terkait Sistem Pernapasan Manusia 71
9.1 Hasil Pengujian Kandungan Beberapa Zat dalam Urine 99
9.2 Upaya Menjaga Sistem Ekskresi 105
9.3 Pertanyaan/Pernyataan untuk Refleksi Terkait Sistem Ekskresi Manusia 105
9.4 Daftar Pertanyaan dan Jawaban pada Saat Wawancara 114
10.1 Hasil Pengamatan Getaran Bandul........ 118
10.2 Cepat Rambat Bunyi pada Berbagai Medium 130
10.3 Klasifikasi Frekuensi Bunyi........ 130
10.4 Struktur dan Fungsi Bagian pada Telinga 144
10.5 Pertanyaan untuk Refleksi Terkait Getaran, Gelombang, dan Sistem Pendengaran pada Makhluk Hidup 155
11.1 Data Jarak Benda dan Bayangan pada Percobaan Cermin Cekung 180
11.2 Sinar Istimewa pada Cermin Cekung 181
11.3 Sinar Istimewa pada Cermin Cembung........ 187
11.4 Data Jarak Benda dan Bayangan pada Percobaan Lensa Cembung........ 193
11.5 Sinar Istimewa pada Lensa Cembung 193
11.6 Sinar Istimewa pada Lensa Cekung........ 195
11.7 Pertanyaan untuk Refleksi Terkait Cahaya dan Alat Optik 219

Petunjuk Penggunaan Buku

Sebelum kamu menggunakan buku ini, kamu perlu membaca bagian petunjuk ini. Mengapa diperlukan? Ibarat kamu bermain di tempat wisata, kamu tentunya ingin memanfaatkan fasilitas yang ada di tempat wisata tersebut bukan? Tentunya, agar tujuan tersebut tercapai kamu akan membaca peta di mana fasilitas itu berada. Begitu juga dengan buku ini. Jika kamu ingin memperoleh manfaat yang maksimal dari buku ini tentu merupakan tindakan yang bijak jika kamu benar-benar memerhatikan dan memahami bagian petunjuk penggunaan buku ini. Selamat mempelajari!

Bagian ini merupakan awal dari setiap bab, berisi judul bab serta hal-hal yang ada di lingkungan yang terkait materi yang akan dipelajari.

1 Gerak Benda dan Makhluk Hidup di Lingkungan Sekitar

Pernahkah kamu berpikir mengapa benda dapat bergerak? Apa yang menyebabkan benda dapat bergerak? Gerak seperti apa yang dilakukan oleh benda saat memperoleh gaya? Apakah lingkungan sekitar benda dapat memengaruhi gerak benda? Agar kamu dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, ayo kita pelajari materi tentang gerak berikut ini dengan penuh semangat!

Pada bagian awal setiap bab kamu akan diajak untuk memikirkan ciptaan dan kebesaran Tuhan Yang Maha Esa, agar kamu dapat meningkatkan keimanan, ketakwaan, dan hal-hal di lingkungan yang berkaitan dengan materi agar kamu tertarik untuk mempelajari materi yang akan disajikan.

Kita wajib bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena kita telah diberi tangan dan kaki, sehingga kita dapat dengan mudah mengambil barang-barang yang kita butuhkan atau bergerak menuju suatu tempat yang kita inginkan. Ketika kita bergerak menuju suatu tempat, tentu kita akan melintasi suatu lintasan dengan kecepatan tertentu dan memerlukan waktu tertentu pula. Tahukah kamu bagaimana hubungan antarketiganya? Pernahkah kamu berpikir bagaimana kaki dan tangan, maupun organ tubuhmu yang lain dapat bergerak? Agar mengetahuinya, ayo pelajari bab ini dengan penuh antusias!

Fitur ini memberikan gambaran pada kamu apa yang harus dikuasai setelah mempelajari bab yang berkaitan.

Fitur ini memberikan informasi istilah-istilah penting yang menjadi pokok pembahasan pada materi yang akan dipelajari.

Fitur ini memberikan landasan pentingnya mempelajari materi yang akan dipelajari.

Fitur ini memberikan panduan percobaan sederhana atau aktivitas untuk membantu kamu dalam memahami prinsip atau konsep. Aktivitas ini dapat dilakukan secara berkelompok di bawah bimbingan guru.

Fitur ini memberikan pengetahuan tambahan yang berkaitan dengan materi yang dipelajari. Banyak hal-hal unik dan menarik yang disajikan dalam fitur ini.

Fitur ini berisi pertanyaan yang menantang terkait materi yang dipelajari. Fitur ini juga dapat melatih kemampuan kamu dalam berpikir dan dapat memotivasi kamu untuk dapat mencari jawabannya.

Fitur ini berisi soal-soal atau pertanyaan untuk mengetahui tingkat pemahaman kamu terhadap sebagian kecil materi yang telah dipelajari.

Berbeda dengan ikan dan hewan yang hidup di dalam air, bebek dapat terapung di atas air karena memanfaatkan prinsip tegangan permukaan air. Tegangan permukaan merupakan peristiwa yang diakibatkan adanya gaya kohesi antarmolekul molekul air. Selain nyamuk, anggang-anggang juga memanfaatkan gaya tegangan permukaan untuk dapat bergerak di permukaan air. Perhatikan Gambar 1.43!

Fitur ini berisi uraian singkat konsep penting yang terkait dengan materi yang dipelajari.

Fitur ini berisi tugas atau permasalahan yang perlu untuk dicari jawabannya atau untuk mencari pengetahuan tambahan terkait materi yang dipelajari

- Jarak merupakan panjang lintasan yang ditempuh, sedangkan perpindahan merupakan jumlah lintasan yang ditempuh dengan memperhitungkan posisi awal dan akhir benda.
- Gerak Lurus dibedakan menjadi dua, yaitu Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB).
- Gerak Lurus Beraturan (GLB) terjadi apabila kecepatan gerak suatu benda konstan.
- Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) terjadi apabila suatu benda bergerak dengan percepatan yang konstan.
- Gaya adalah tarikan atau dorongan. Gaya dapat mengubah bentuk, arah, dan kecepatan benda.
- Gaya dapat dibedakan menjadi gaya sentuh dan gaya tak sentuh. Gaya sentuh contohnya adalah gaya otot dan gaya gesek. Gaya otot adalah gaya yang ditimbulkan oleh koordinasi otot dengan rangka tubuh. gaya gesek adalah gaya yang diakibatkan oleh adanya dua buah benda yang saling bergesekan. Gaya tak sentuh adalah gaya yang tidak membutuhkan kontak langsung dengan benda yang dikenai.

Fitur ini berisi ringkasan materi dari bab yang telah dipelajari. Kamu dapat mereview keseluruhan materi yang telah dipelajari melalui fitur ini.

Setiap makhluk hidup diberikan kemampuan untuk bergerak oleh Tuhan Yang Maha Esa. Dengan bergerak, kamu dapat melakukan berbagai aktivitas. Tuhan sudah menunjukkan kekuasaan-Nya dengan memberi kemampuan bergerak pada makhluk hidup. Ternyata yang dapat melakukan gerak tidak hanya makhluk hidup saja, bahkan benda tak hidup pun dapat bergerak dengan menggunakan konsep gerak pada makhluk hidup. Contoh benda mati yang dapat bergerak dengan konsep pada makhluk hidup adalah pesawat terbang. Pesawat terbang dapat bergerak

Fitur ini berisi hal-hal yang berhubungan dengan kebesaran Tuhan dan hal-hal yang perlu untuk dihayati dan diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Ayo, Kita Diskusikan

Saat mendekati lampu lalu lintas, mobil yang awalnya bergerak dengan kecepatan sebesar 72 km/jam (20 m/s) diperlambat hingga 0 km/jam dalam selang waktu 5 sekon dengan proses perubahan seperti dalam Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Waktu dan Jarak Tempuh Mobil

Vo (m/s)	t (s)	V (m/s)

Fitur ini berisi suatu masalah berkaitan dengan konsep yang perlu untuk dipecahkan melalui kelompok. Fitur ini dapat melatih kamu dalam mengungkapkan pendapat atau berkomunikasi dan memecahkan masalah.

Bagan Konsep

Gerak Benda dan Makhluk Hidup di Lingkungan Sekitar

terdiri atas

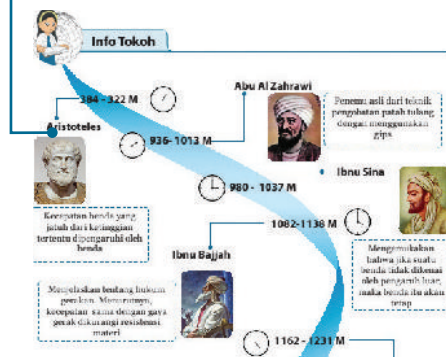
- Gerak Benda
  - dapat berupa: Gerak Lurus
    - melibatkan: Jarak, Perpindahan, Kelajuan, Kecepatan, Percepatan
  - dipengaruhi: Gaya
    - dapat berupa: Gaya Sentuh, Gaya Tak Sentuh
  - Hukum Newton
    - Hukum I Newton
- Gerak Makhluk Hidup
  - dapat berupa: Gerak pada Manusia
    - terdiri atas: Rangka (Tulang)
      - meliputi: Tulang Rawan (Kartilago), Tulang Sejati
    - Sendi
      - meliputi: Sendi Mati (Sinartrosis), Sendi Kaku (Amfiatrosis), Sendi Gerak (Diatrosis)

Fitur ini menjelaskan alur pemikiran bab yang telah dipelajari. Fitur ini dapat membantu kamu untuk melihat hubungan konsep-konsep yang telah dipelajari, serta dapat dijadikan panduan tentang konsep penting mana yang belum dipahami.

Uji Kompetensi

A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Salah satu fungsi sistem rangka adalah melindungi organ internal. Pada tubuh manusia tulang yang melindungi jantung dan paru-paru serta otak secara berturut-turut adalah tulang ....
   A. belakang dan rusuk
   B. rusuk dan tengkorak
   C. tengkorak dan rusuk
   D. belakang dan tengkorak

Fitur ini memberikan wawasan tentang para ilmuwan terdahulu yang telah berjasa dalam menyumbangkan ilmu pengetahuan terkait materi yang dibahas sekaligus sebagai motivasi bagi kamu untuk memperdalam ilmu.

Fitur ini berisi soal-soal untuk mengevaluasi pemahaman dan penerapan konsep dalam satu bab yang telah dipelajari.

- **Permasalahan**

Saat ini banyak orang yang menderita kelainan atau penyakit pada sistem gerak. Tetapi belum ada kegiatan sosialisasi terkait upaya menjaga kesehatan sistem gerak. Sosialisasi dapat dilakukan dengan menyebarkan artikel ataupun poster. Melalui kegiatan sosialisasi diharapkan masyarakat mengetahui upaya untuk menjaga kesehatan sistem gerak.

- **Perencanaan**

1. Buatlah perencanaan untuk mencari satu jenis kelainan atau penyakit yang menyerang sistem gerak yang diderita oleh orang-orang di sekitarmu! Kamu dapat mencari informasi tersebut dari koran, majalah ataupun media massa yang lainnya baik media massa cetak ataupun elektronik. Pada kegiatan perencanaan tersebut kamu dapat menuliskan waktu dan tempat yang akan kamu kunjungi untuk mencari kelainan atau penyakit yang menyerang sistem gerak.

Fitur ini berisi petunjuk aktivitas agar kamu dapat mengaplikasikan konsep-konsep dan memecahkan suatu permasalahan. Aktivitas ini dapat dilakukan secara berkelompok di bawah bimbingan guru.

Daftar Pustaka

Agarwal, V., Hans, N. dan Messerli, F.H., 2013. Effect of Allopurinol on Blood Pressure: A Systematic Review and Meta Analysis, *The Journal of Clinical Hypertension*, 5(6). 435-442.

Axelrod, P. dkk. 2005. *"Physical Changes to Matter"*, dalam *Matter. Scientist in Residence Program.*

Berwald, J. dkk. 2007. *Focus on Life Science Grade 7.* Ohio : McGraw-Hill Companies.

Campbell, N.A., Reece, J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V., & Jackson, R.B. 2008. *Biology 8th edition*. USA: Pearson Education, Inc.

Cullen, J. Tanpa tahun. *Student Laboratory Notebook 2nd Edition Junior Certificate Science Solutions.*

Dimitri, Paul. dkk. 2007. *Rickets.* Elsevier Ltd.

Dingrando, L. dkk. 2007. *Focus on Physical Science*. New York: McGraw- Hill Companies.

Dwidjoseputro. 1986. *Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Erlangga.

Eddleman, S. 2007. *CPO Focus on Life Science*. New Hampsire: Delta

Fitur ini berisi daftar buku, artikel, atau sumber lain yang digunakan dalam pembuatan buku. Sumber-sumber tersebut dapat dibaca lebih lanjut jika ingin mendapatkan materi yang lebih mendalam.

Glosarium

A

Absorpsi Penyerapan bahan makanan

Airfoil Bentuk dari suatu sayap pesawat yang dapat menghasilkan gaya angkat (lift) atau efek aerodinamika ketika melewati suatu aliran udara

Akar tunggang Akar vertikal utama yang berkembang dari akar embrionik dan memunculkan akar cabang

Akar Organ tumbuhan vaskuler yang menambatkan dan memungkinkan tumbuhan untuk menyerap air dan mineral dari dalam tanah

Glosarium ini terdapat pada akhir buku, berisi penjelasan istilah-istilah penting yang ada dalam buku dan tersusun menurut abjad.

Indeks

AC (*Alternating Current*) 267
Adaptasi 109
Adaptasi fisik 109
AIDS 37
Air Bersih 140
Air Conditioner 150
Analisis 4
Anemogami 68
Anemokori 74

Cangkok 61

D

Dampak peningkatan jumlah penduduk 134
DC (*Direct Current*) 267
Dinamika populasi manusia 129
Dormansi 76

Indeks ini terdapat pada akhir buku, berisi penjelasan daftar kata atau istilah penting yang terdapat dalam buku dan tersusun menurut abjad, yang memberikan informasi mengenai halaman kata atau istilah tersebut dapat ditemukan. Dengan menggunakan indeks, kamu dapat menemukan penjelasan suatu konsep dalam buku secara cepat.

Motivasi untuk Ananda

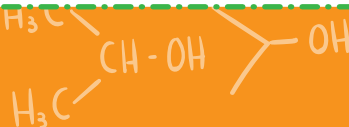
Ananda, pendidikan merupakan hal yang penting dalam perkembangan dan peradaban suatu bangsa. Setelah terjadi pengeboman di Hiroshima dan Nagasaki pada tahun 1945, tahukah Ananda, apa hal pertama yang dipertanyakan oleh Perdana Menteri Jepang pada saat itu? Pertanyaan pertama adalah berapa jumlah guru yang tersisa. Tahukah Ananda, bahwa setelah pengeboman tersebut, bangsa Jepang dengan cepat memperbaiki segala kerusakan dan terus berkembang, sehingga saat ini menjadi salah satu negara maju dan mampu menciptakan berbagai teknologi yang sudah menyebar ke seluruh penjuru dunia. Menurut Ananda, mengapa Perdana Menteri Jepang menanyakan mengenai jumlah guru? Tahukah Ananda, guru memiliki peran penting dalam hal perbaikan bangsa melalui pendidikan.

Pendidikan merupakan hal yang sangat penting dalam perkembangan dan kemajuan suatu bangsa. Di masa depan, Anandalah yang berperan lebih besar bagi kemajuan bangsa, melalui proses pendidikan saat ini. Ananda merupakan aktor dalam proses pendidikan. Oleh karena itu, bersungguh-sungguhlah dalam belajar. Mengapa belajar itu penting? Karena dengan belajar Ananda akan banyak mendapatkan pengetahuan dan ilmu, juga menambah keterampilan yang akan memperbanyak pengalaman Ananda. Jika Ananda telah memiliki banyak pengetahuan, ilmu, keterampilan, dan pengalaman, bagaimana selanjutnya? Ananda akan lebih mampu mengembangkan diri, mampu menciptakan inovasi-inovasi, dan tentunya Ananda akan dapat ikut berjuang dalam membangun bangsa Indonesia yang lebih maju dan sejahtera!

Selamat Belajar dan Berjuang Ananda!

7 Tekanan Zat dan Penerapannya dalam Kehidupan Sehari-hari

Sumber: Dok. Kemdikbud

Pernahkah kamu ke tempat cucian mobil? Jika kamu pergi ke tempat cucian mobil, kamu akan menemukan pompa hidrolik mampu mengangkat mobil yang sangat berat. Tahukah kamu bagaimana prinsip kerja alat tersebut sehingga mampu mengangkat mobil yang sangat berat tersebut? Tahukah kamu bahwa pompa hidrolik tersebut memanfaatkan prinsip tekanan zat cair atau tekanan gas untuk mengangkat mobil? Agar mengetahuinya lebih dalam, ayo pelajari bab ini dengan penuh semangat!

Pada saat musim hujan kamu sering menjumpai jalanan yang berlumpur akibat terguyur hujan sehingga kita lebih sulit untuk melintasi jalanan tersebut. Jika kamu hendak melewati jalanan yang berlumpur. Sepatu manakah yang akan kamu gunakan, sepatu boot atau sepatu hak tinggi?

(a)

(b)

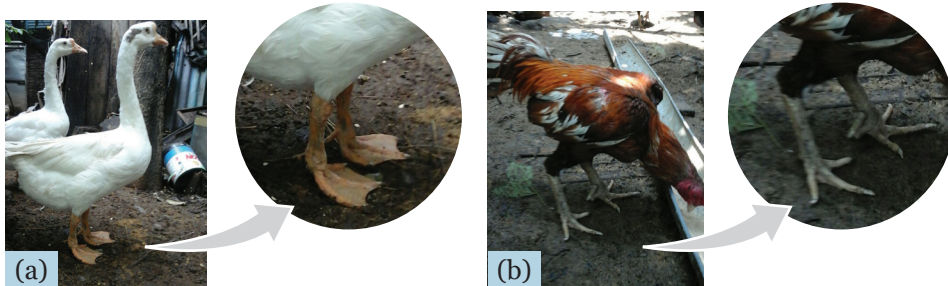
(c)

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 7.1 (a) Jalanan Berlumpur, (b) Sepatu Boot, (c) Sepatu Hak Tinggi

Agar kamu dapat melewati jalanan berlumpur dengan mudah, sebaiknya kamu menggunakan sepatu boot. Dengan menggunakan sepatu boot kamu akan mudah melewati jalanan yang berlumpur dan tidak mudah terjebak masuk ke dalam lumpur. Mengapa hal ini dapat terjadi? Coba amati gambar sepatu boot dan sepatu hak tinggi yang terdapat pada Gambar 7.1 b dan c! Apabila kita cermati, sepatu boot memiliki permukaan pijakan lebih luas dibandingkan dengan sepatu hak tinggi. Sepatu yang memiliki permukaan pijakan lebih luas tidak mudah terjebak masuk ke dalam lumpur.

Fenomena tersebut juga dapat kamu amati pada angsa atau entok atau bebek dan ayam. Coba kamu perhatikan tempat hidup angsa dan ayam! Angsa dapat dengan mudah mencari makan di tempat yang berlumpur, misalnya di sawah, sedangkan ayam kesulitan untuk mencari makan di tempat tersebut. Mengapa angsa dapat memiliki kemampuan seperti itu? Coba kamu perhatikan struktur dari kaki angsa dan ayam. Angsa memiliki selaput pada kakinya, sedangkan ayam tidak memiliki. Agar kamu mengetahuinya, perhatikan Gambar 7.2! Permukaan pijakan yang luas menyebabkan tekanan yang dihasilkan oleh kaki terhadap lumpur semakin kecil, sehingga angsa tidak mudah terperosok masuk ke dalam lumpur.

Maha Besar Tuhan yang telah merancang struktur kaki angsa yang dilengkapi selaput sehingga angsa dapat mencari makan di tempat yang berlumpur. Masih banyak fenomena di alam terkait tekanan yang menarik untuk dipelajari. Kamu tentu ingin mengetahuinya lebih dalam bukan? Ayo kita pelajari dengan lebih semangat!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 7.2 (a) Kaki Angsa, (b) Kaki Ayam

A. Tekanan Zat

Ayo, Kita Pelajari

- Tekanan zat padat
- Tekanan zat cair
- Tekanan gas

Istilah Penting

- Tekanan
- Tekanan hidrostatis
- Hukum Archimedes
- Hukum Pascal

Mengapa Penting?

Mempelajari materi ini akan membantumu memahami konsep dasar tekanan, sehingga dapat menjadi bekal bagimu di masa depan dalam mengembangkan bangunan atau teknologi yang memanfaatkan tekanan.

Cobalah kamu mengingat kembali materi pada Bab 1 tentang Gerak Benda dan Makhluk Hidup di Lingkungan Sekitar! Pada pembelajaran materi tersebut, kamu sudah memahami tentang gaya bukan? Gaya adalah tarikan atau dorongan. Gaya dapat mengubah bentuk, arah, dan kecepatan benda. Sekarang, tahukah kamu apa itu tekanan? Tekanan sangat berhubungan dengan gaya dan luas permukaan benda. Agar kamu dapat dengan mudah memahami lebih dalam tentang tekanan, ayo kita lakukan aktivitas berikut!

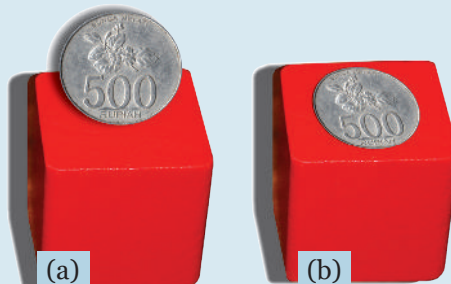
Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 7.1 Menyelidiki Tekanan pada Benda Padat

Apa yang kamu perlukan?

1. 2 buah plastisin ukuran besar/ tanah liat/ tepung terigu
2. 2 keping uang logam (Rp.500)

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Letakkan uang logam pertama pada plastisin dengan posisi horizontal dan uang logam kedua dengan posisi vertikal seperti Gambar 7. 3!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 7.3 Posisi Uang Logam pada Plastisin, (a) Vertikal, (b) Horizontal

2. Berilah dorongan pada kedua uang logam tersebut dengan besar dorongan atau kekuatan yang sama! Kamu dapat menggunakan suatu benda sebagai beban, sehingga gaya yang diberikan dapat sama besar.
3. Ambil kedua uang logam tersebut dari plastisin, kemudian amati kedalaman bekas uang logam itu!
4. Siapkan kembali plastisin dan uang logam!
5. Letakkan uang logam pada masing-masing plastisin dengan posisi vertikal!
6. Berilah dorongan pada uang logam pertama dengan dorongan yang kuat (gaya besar) dan pada uang logam kedua dengan dorongan lemah (gaya kecil)!
7. Ambil kedua uang logam tersebut dari plastisin, kemudian amati kedalaman bekas uang logam itu!

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Posisi uang logam yang manakah yang memiliki luas permukaan pijakan (tempat gaya bekerja) yang lebih kecil?
2. Ketika kamu mendorong kedua uang logam dengan posisi horizontal dan posisi vertikal dengan besar dorongan (gaya) yang sama, uang logam dengan posisi manakah yang memiliki bekas lebih dalam? Mengapa demikian?
3. Ketika kamu mendorong kedua uang logam yang posisinya vertikal, tetapi dengan besar dorongan (gaya) yang berbeda, uang logam yang manakah yang memiliki bekas lebih dalam? Mengapa demikian?
4. Bekas pada plastisin yang dalam berarti plastisin tersebut mendapatkan tekanan yang lebih besar. Dari kedua perlakuan tersebut, manakah yang mampu menghasilkan tekanan yang lebih besar?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan Aktivitas 7.1, dapatkah kamu menyebutkan faktor-faktor apa sajakah yang memengaruhi besarnya tekanan? Bagaimanakah hubungan antara tekanan dan luas permukaan dengan gaya?

Kamu telah melakukan Aktivitas 7.1 tentang tekanan pada zat padat dan juga mempelajari bagaimana hubungan antara tekanan dengan luas permukaan dan gaya. Agar kamu lebih memahami konsep tersebut, ayo pelajari dan cermati bahasan berikut dengan bersemangat!

1. Tekanan Zat Padat

Masih ingatkah kamu dengan hasil percobaan pada Aktivitas 7.1? Ketika kamu mendorong uang logam di atas plastisin, berarti kamu telah memberikan gaya pada uang logam. Besarnya tekanan yang dihasilkan uang logam pada plastisin tergantung pada besarnya dorongan (gaya) yang kamu berikan dan luas permukaan pijakan atau luas bidang tekannya. Konsep tekanan sama dengan penyebaran gaya pada luas suatu permukaan. Sehingga, apabila gaya yang diberikan pada suatu benda (F) semakin besar, maka tekanan yang dihasilkan

akan semakin besar. Sebaliknya, semakin luas permukaan suatu benda, tekanan yang dihasilkan semakin kecil. Secara matematis, besaran tekanan dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut.

$$p = \frac{F}{A}$$

dengan:
p = Tekanan (N/m^2 yang disebut juga satuan pascal (Pa))
F = Gaya (newton)
A = Luas bidang (m^2)

Setelah mengetahui bahwa besar tekanan dipengaruhi oleh besarnya gaya dan luas bidang, sekarang kamu tentunya dapat menjelaskan alasan ketika kamu berjalan di tanah berlumpur dengan menggunakan sepatu boot, kamu akan lebih mudah berjalan dan tidak mudah terjebak masuk ke dalam lumpur dibandingkan dengan menggunakan sepatu dengan pijakan yang sempit. Kamu juga dapat memahami alasan angsa lebih mudah mencari makanan di tempat yang berlumpur daripada ayam.

2. Tekanan Zat Cair

a. Tekanan Hidrostatis

Indonesia merupakan negara yang memiliki lautan yang sangat luas. Tuhan telah menganugerahkan pesona bawah laut Indonesia yang sangat indah sehingga kita patut mensyukuri dan menjaganya. Pernahkah kamu menyelam ke dalam laut untuk melihat biota bawah laut? Perhatikan Gambar 7.4!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 7.4 Menyelam Melihat Pesona Bawah Laut

Ketika kamu menyelam, bagaimanakah kondisi telinga yang kamu rasakan? Apakah telingamu terasa tertekanan? Semakin dalam kamu menyelam, kamu akan merasakan tekanan yang lebih besar. Mengapa hal ini dapat terjadi? Agar mengetahuinya, ayo lakukan Aktivitas 7.2 berikut!

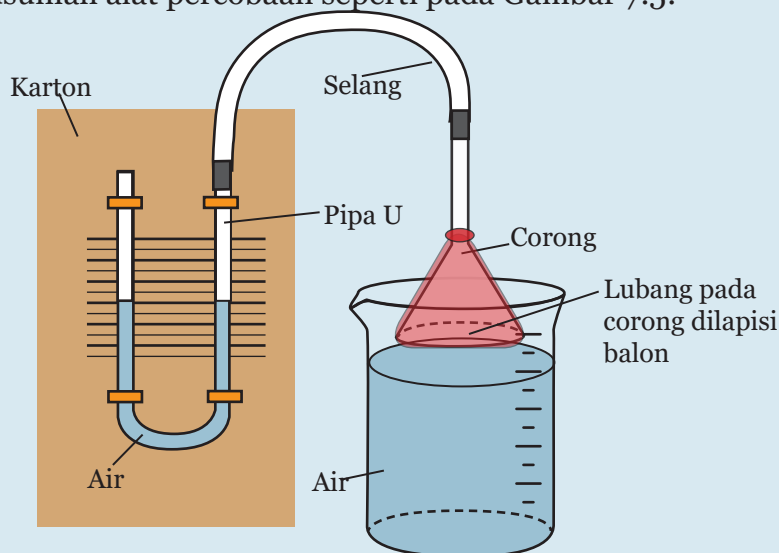
Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 7.2 Menyelidiki Tekanan Zat Cair pada Kedalaman Tertentu

Apa yang kamu perlukan?

1. 2 buah gelas kimia
2. Pipa U atau selang berbentuk U
3. Corong
4. Air berwarna
5. Minyak kelapa atau minyak goreng
6. Balon untuk menutup corong

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Susunlah alat percobaan seperti pada Gambar 7.5!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 7.5 Rangkaian Alat Percobaan Tekanan Zat Cair

2. Isilah gelas kimia dengan air!
3. Masukkan corong ke dalam gelas kimia, kemudian ubahlah kedalaman corong yang terdapat pada gelas kimia sesuai dengan data kedalaman (h) yang terdapat di dalam Tabel 7.1!
4. Amatilah selisih permukaan air (Δh) yang terdapat pada pipa U. Jangan lupa lakukan percobaan ini dengan teliti dan cermat!
5. Ulangi kembali percobaan di atas dengan mengganti air dalam gelas kimia dengan minyak kelapa atau minyak goreng!
6. Tuliskan hasil pengamatan pada Tabel 7.1!

Tabel 7.1 Data Hasil Percobaan Tekanan Zat Cair

No	Kedalaman (h) (cm)	Selisih Ketinggian (Δh) (cm)	
		Air	Minyak Kelapa
1	5		
2	10		
3	15		
4			
5			

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Menurutmu, manakah yang lebih besar antara massa jenis air atau massa jenis minyak goreng?
2. Bagaimana selisih ketinggian air pada pipa U jika corong dimasukkan semakin dalam pada gelas kimia?
3. Coba bandingkan selisih ketinggian air pada pipa U pada setiap kedalaman corong ketika dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi air dan ketika berisi minyak goreng! Manakah yang memiliki selisih ketinggian lebih besar?
4. Penyebab selisih ketinggian adalah adanya tekanan dari cairan (air dan minyak) yang diteruskan melalui corong dan selang. Faktor apa sajakah yang memengaruhi besarnya tekanan dari percobaan ini?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Setelah melakukan Aktivitas 7.2 kamu telah mengetahui bahwa kedalaman zat cair dan massa jenis zat cair memengaruhi tekanan yang dihasilkan oleh zat cair atau disebut dengan **tekanan hidrostatis.** Semakin dalam zat cair, semakin besar tekanan yang dihasilkan. Semakin besar massa jenis zat cair, semakin besar pula tekanan yang dihasilkan. Pada bagian sebelumnya kamu sudah memahami bahwa tekanan merupakan besarnya gaya per satuan luas permukaan tempat gaya itu bekerja, secara matematis dirumuskan sebagai:

$$p = \frac{F}{A}$$

Pada zat cair, gaya (F) disebabkan oleh berat zat cair (w) yang berada di atas benda, sehingga:

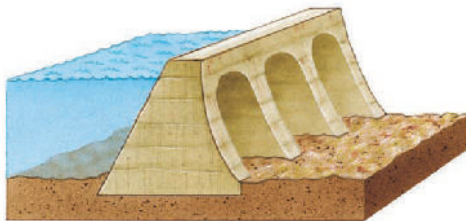
$$p = \frac{w}{A}$$

karena berat (w) = $m \times g$
$m = \rho \times V$
$V = h \times A$ maka

dapat ditulis bahwa $p = \dfrac{\rho \times g \times h \times A}{A}$ atau $p = \rho \times g \times h$

dengan:
p = Tekanan (N/m^2)
m = Massa benda (kg)
ρ = Massa jenis zat cair (kg/m^3)
g = Percepatan gravitasi (m/s^2)
h = Tinggi zat cair (m)
V = Volume (m^3)

Tekanan hidrostatis ini penting untuk diperhatikan dalam merancang berbagai struktur bangunan dalam penampungan air, misalnya pembangunan bendungan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Selain PLTA, para arsitek kapal selam juga memperhitungkan tekanan hidrostatis air laut, sehingga kapal selam mampu menyelam ke dasar laut dengan kedalaman ratusan meter tanpa mengalami kebocoran atau kerusakan akibat tekanan hidrostatis.

Apakah kamu mengetahui bahwa manusia hanya mampu menyelam hingga kedalaman kurang lebih 20 m? Hal ini dikarenakan paru-paru manusia tidak dapat menahan tekanan yang besar (>240.000 Pa).

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 7.6 Struktur Bendungan Air

b. Hukum Archimedes

Pernahkah kamu melihat kapal selam? Pada bagian sebelumnya kamu telah mengetahui bahwa dalam merancang kapal selam harus memerhatikan tekanan hidrostatis air laut. Hal ini menjadi pertimbangan dalam merancang struktur dan pemilihan bahan untuk membuat kapal selam.

Salah satu bahan yang tahan terhadap tekanan hidrostatis air laut yang sangat besar adalah baja. Tahukah kamu bahwa baja merupakan logam yang utamanya terbuat dari campuran besi dan karbon? Dengan demikian baja memiliki massa jenis yang lebih besar daripada massa jenis air laut. Coba kamu pikirkan mengapa kapal selam maupun kapal laut lainnya yang terbuat dari baja tidak tenggelam, padahal massa jenis baja jauh lebih besar daripada massa jenis air laut? Sebelum mempelajarinya lebih jauh, ayo lakukan aktivitas berikut terlebih dahulu!

Sumber: inhabitat.com

Gambar 7.7 Kapal Selam

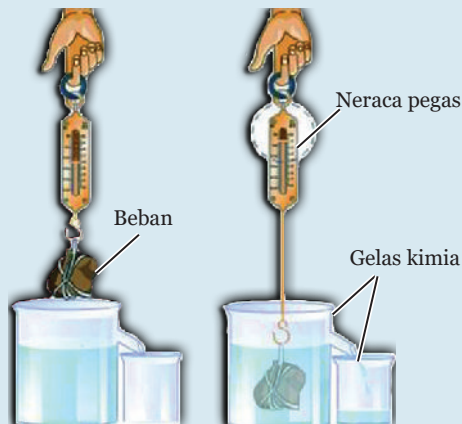
Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 7.3 Hukum Archimedes

Apa yang kamu perlukan?

1. Gelas kimia
2. Gelas ukur
3. Neraca pegas
4. Benda dari logam atau batu (sebagai beban)
5. Air

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Isilah gelas kimia dengan air hingga $\frac{3}{4}$ bagian!
2. Kaitkan beban dengan neraca pegas, catatlah berat beban ketika di udara (w_{bu}) dengan membaca skala yang ditunjukkan pada neraca pegas!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 7.8 Rangkaian Alat Percobaan Hukum Archimedes

3. Masukkan rangkaian beban dan neraca pegas ke dalam air, kemudian catatlah berat beban ketika berada di dalam air (w_{ba})!
4. Hitunglah besar gaya apung (F_a) pada beban tersebut.
5. Timbanglah berat air yang tumpah (w_{ap})!
6. Catatlah hasil percobaan pada Tabel 7.2. Lakukan kegiatan ini dengan cermat dan teliti agar kamu mendapatkan data yang benar.

7. Ulangilah langkah kegiatan 1–4 sebanyak 3 kali dengan menggunakan beban yang sama tetapi volumenya berbeda.

Tabel 7.2 Data Hasil Percobaan Hukum Archimedes

No	Berat Beban di Udara (w_{bu})	Berat Beban di Air (w_{ba})	Gaya Apung ($F_a = w_{bu} - w_{ba}$)	Berat air yang Pindah (w_{ap})
1				
2				
3				
4				

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Setelah kamu melakukan percobaan hukum Archimedes, kamu dapat mengetahui bahwa ketika suatu benda dimasukkan ke dalam air, beratnya seolah-olah berkurang. Peristiwa ini bukan berarti ada massa benda yang hilang. Berat benda berkurang saat dimasukkan ke dalam air, disebabkan oleh adanya gaya apung (F_a) yang mendorong benda ke atas atau berlawanan dengan arah berat benda. Perhatikan Gambar 7.9! Secara matematis, dapat dituliskan:

$$F_a = w_{bu} - w_{ba}$$

sehingga,

$$w_{ba} = w_{bu} - F_a$$

dengan:

F_a = Gaya apung (N)

w_{ba} = Berat benda di air (N)

w_{bu} = Berat benda di udara (N)

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 7.9 Gaya yang Bekerja pada Batu yang Tenggelam

Fenomena ini dipelajari oleh Archimedes yang hasilnya kemudian dinyatakan sebagai hukum Archimedes sebagai berikut:

"Jika benda dicelupkan ke dalam zat cair, maka benda itu akan mendapat gaya ke atas yang sama besar dengan berat zat cair yang didesak oleh benda tersebut".

Archimedes (287 SM - 212 SM) adalah seorang berkebangsaan Yunani yang terkenal sebagai ahli matematika, astronomi, filsafat, fisika, dan insinyur. Pada suatu hari ia diminta Raja Hieron II untuk membuktikan bahwa mahkotanya benar-benar berasal dari emas murni. Archimedes merasa kesulitan menentukan massa jenis mahkota tersebut karena tidak bisa menghitung volume mahkota. Hingga pada akhirnya saat Archimedes menceburkan dirinya ke bak mandi, ia mengamati adanya air yang tumpah dari bak tersebut. Seketika itu Archimedes berteriak "*eureka, eureka*!". Archimedes menyadari bahwa volume air yang tumpah tersebut sama besarnya dengan volume tubuh yang mendesak air keluar dari bak. Melalui temuan tersebut, Archimedes dapat membuktikan bahwa ternyata mahkota Raja tidak berasal dari emas murni melainkan dicampur dengan perak, sehingga pembuat mahkota tersebut dihukum mati oleh sang Raja.

Menurut Archimedes, benda menjadi lebih ringan bila diukur dalam air daripada di udara karena di dalam air benda mendapat gaya ke atas. Ketika di udara, benda memiliki berat mendekati yang sesungguhnya. Karena berat zat cair yang didesak atau dipindahkan benda adalah:

$$w_{cp} = m_{cp} \times g \quad \text{dan} \quad m_{cp} = \rho_{cp} \times V_{cp}$$

sehingga berat air yang didesak oleh benda adalah:

$$w_{cp} = \rho_c \times g \times V_{cp}$$

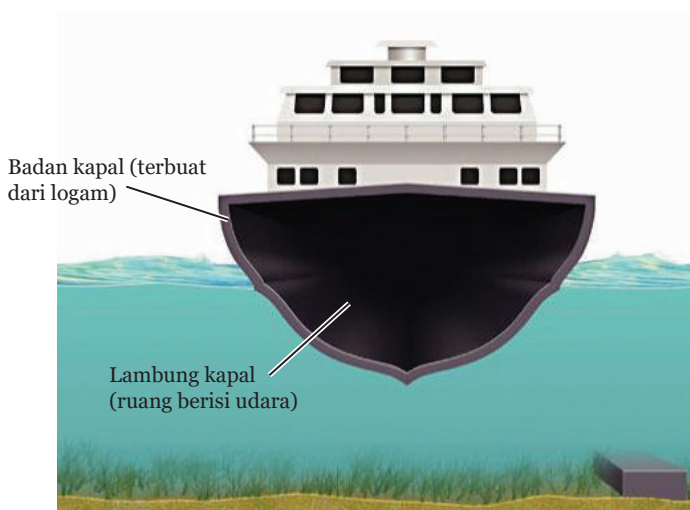
Berarti, menurut hukum Archimedes, besar gaya ke atas adalah:

$$F_a = \rho_c \times g \times V_{cp}$$

dengan:

F_a = Gaya apung (N)
ρ_c = Massa jenis zat cair (kg/m^3)
g = Percepatan gravitasi (m/s^2)
V_{cp} = Volume zat cair yang dipindahkan (m^3)

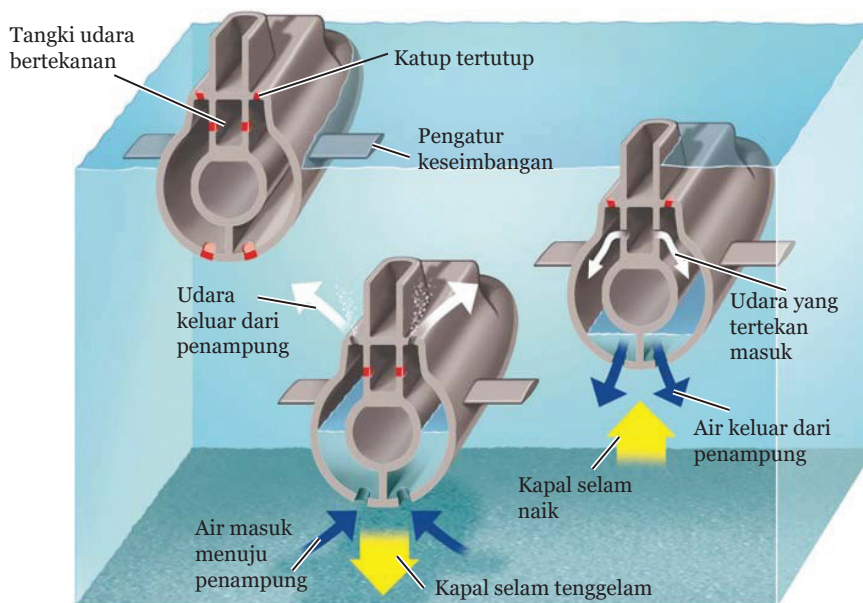
Hukum Archimedes tersebut digunakan sebagai dasar pembuatan kapal laut atau kapal selam. Suatu benda dapat terapung atau tenggelam tergantung pada besarnya gaya berat (w) dan gaya apung (F_a). Jika gaya apung maksimum lebih besar daripada gaya berat maka benda akan terapung. Sebaliknya, jika gaya apung maksimum lebih kecil daripada gaya berat maka benda akan tenggelam. Jika gaya apung maksimum sama dengan berat benda, maka benda akan melayang. Gaya apung maksimum adalah gaya apung jika seluruh benda berada di bawah permukaan zat cair.

Hampir semua logam memiliki massa jenis (kerapatan) yang lebih besar dari air. Tentu kamu berpikir bahwa semua logam akan tenggelam dalam air. Mengapa kapal laut yang terbuat dari logam tidak tenggelam? Kapal laut dapat terapung karena pada saat diletakkan secara tegak di lautan, kapal laut dapat memindahkan air laut dalam jumlah yang cukup besar, sehingga kapal laut mendapat gaya ke atas yang sama besar dengan berat kapal laut (Gambar 7.10).

Sumber: Hart & Davis, 2009

Gambar 7.10 Struktur Kapal Laut

Ayo, Kita Diskusikan

Apakah yang terjadi jika kapal diletakkan miring? Apakah kapal dapat terapung? Jelaskan mengapa demikian!

Bagaimana dengan kapal selam? Bagaimana kapal selam dapat terapung, melayang, dan tenggelam dalam air laut? Pada prinsipnya kapal selam dapat memiliki kemampuan tersebut karena berat kapal selam dapat diperbesar dengan cara memasukkan air ke dalam badan kapal dan dapat diperkecil dengan cara mengeluarkan air dari badan kapal. Ketika kapal selam akan tenggelam, air laut dimasukkan ke dalam penampung dalam badan kapal. Berat total dari kapal selam menjadi lebih besar daripada gaya ke atas, sehingga kapal selam dapat tenggelam. Agar tidak terus tenggelam, pada kedalaman tertentu air dalam badan kapal selam dikeluarkan kembali dari penampung, sehingga berat total dari kapal selam sama dengan gaya ke atas. Hal ini menyebabkan kapal selam melayang dalam air. Saat kapal selam akan mengapung, air dari penampungan pada badan kapal dikeluarkan sehingga volume total dari kapal selam menjadi lebih kecil daripada gaya ke atas, sehingga kapal selam dapat mengapung. Perhatikan Gambar 7.11!

Sumber: Hart & Davis, 2009

Gambar 7.11 Mekanisme Pengeluaran dan Pemasukan Air dalam Kapal Selam

c. Hukum Pascal

Pernahkah kamu melihat mobil yang dicuci di tempat pencucian kendaraan? Mobil di tempat pencucian kendaraan akan diangkat dengan menggunakan alat pengangkat yang disebut pompa hidrolik

(Gambar 7.12) untuk membantu pencuci mobil menjangkau semua bagian mobil yang akan dibersihkan.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 7.12 Pompa Hidrolik Pengangkat Mobil

Bagaimana alat pengangkat tersebut dapat mengangkat mobil yang sangat berat padahal di dalam pompa hidrolik tersebut hanya berisi udara atau dapat berupa minyak? Kamu penasaran bukan dengan hal tersebut? Agar mengetahuinya, ayo lakukan aktivitas berikut!

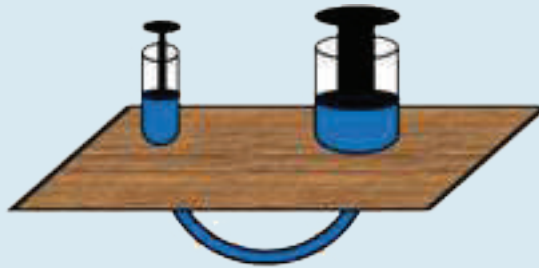
Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 7.4 Simulasi Prinsip Kerja Pompa Hidrolik

Apa yang kamu perlukan?

1. Selang plastik kecil sekitar 50 cm
2. 2 buah alat suntik, 1 ukuran besar, 1 ukuran kecil
3. Papan tripleks atau karton ukuran 25 × 35 cm
4. Air
5. Pewarna makanan
6. Beban

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Buatlah alat sederhana yang memiliki prinsip kerja seperti pompa hidrolik dengan merangkaikan selang plastik pada dua alat suntik tersebut, seperti Gambar 7.13!

Sumber: sukasains.com

Gambar 7.13 Model Percobaan Pascal

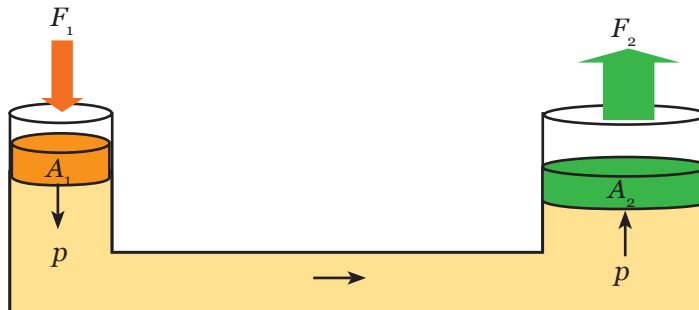
2. Rancanglah alat tersebut sebaik mungkin!
3. Isilah selang plastik dengan air sampai penuh, kemudian berilah pewarna makanan pada air yang ada dalam selang tersebut!
4. Doronglah pengisap alat suntik kecil, lalu amati yang terjadi pada pengisap alat suntik besar.
5. Amati pula aliran air berpewarna makanan yang ada dalam selang!
6. Letakkan beban pada pengisap alat suntik besar, lalu doronglah pengisap alat suntik kecil. Apakah yang akan terjadi?
7. Ulangi kegiatan tersebut dengan cara menempatkan beban di pengisap kecil dan dengan memberikan dorongan pada pengisap besar.
8. Bandingkan besar dorongan (gaya) yang kamu berikan, ketika mendorong pengisap alat suntik kecil dan pengisap alat suntik besar.

Apa yang perlu kamu diskusikan?

Bagaimanakah dorongan (gaya) yang kamu berikan ketika beban diletakkan pada pengisap besar dan ketika beban diletakkan pada pengisap kecil? Mana yang memerlukan dorongan lebih mudah? Mengapa?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Fenomena yang terdapat pada Aktivitas 7.4 menunjukkan bahwa tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dengan besar yang sama. Hal ini merupakan bunyi dari hukum Pascal yang dikemukakan oleh Blaise Pascal (1623-1662). Blaise Pascal yang lahir pada 19 Juni 1623 adalah seorang ahli matematika dan geometri yang juga mendalami ilmu filsafat dan agama. Meskipun tidak menempuh pendidikan yang resmi, pada usia 12 tahun Pascal berhasil menciptakan mesin penghitung yang membantu pekerjaan ayahnya sebagai petugas penarik pajak. Sepanjang hidupnya banyak penemuan yang ia publikasikan terutama pada bidang matematika. Selain itu, Pascal juga banyak melahirkan karya-karya dalam bidang fisika hidrodinamika dan hidrostatika, salah satunya adalah hukum Pascal. Coba perhatikan Gambar 7.14 yang merupakan penerapan hukum Pascal pada pompa hidrolik!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 7.14 Model Dongkrak Hidrolik

Jika pada penampang dengan luas A_1 diberi gaya dorong F_1, maka akan dihasilkan tekanan p dapat dirumuskan :

$$p = \frac{F_1}{A_1}$$

Menurut hukum Pascal tekanan p tersebut diteruskan ke segala arah dengan sama besar, termasuk ke luas penampang A_2. Pada penampang A_2 muncul gaya angkat F_2 dengan tekanan:

$$p = \frac{F_2}{A_2}$$

Secara matematis diperoleh persamaan pada dongkrak hidrolik sebagai berikut.

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \text{atau} \quad F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$$

dengan:

p = Tekanan (N/m^2)
F_1 dan F_2 = Gaya yang diberikan (newton)
A_1 dan A_2 = Luas penampang (m^2)

Jika A_2 lebih besar dari A_1 maka akan diperoleh gaya angkat F_2 yang lebih besar dari F_1. Ini merupakan prinsip kerja dari pompa hidrolik. Apakah kamu sudah mampu menjawab mengapa pompa hidrolik mampu mengangkat motor atau mobil yang sangat berat dengan menggunakan gaya yang kecil padahal di dalam pompa hidrolik tersebut hanya berisi udara atau dapat berupa minyak?

Pompa hidrolik menerapkan prinsip dari Hukum Pascal. Pada pompa hidrolik terdapat dua luas penampang yang berbeda, yaitu luas penampang kecil (A_1) dan luas penampang besar (A_2). Perhatikan Gambar 7.14! Luas penampang kecil (A_1) misalnya 1 cm² akan diberi gaya yang kecil (F_1) misalnya 10 N, sehingga menghasilkan tekanan (p) sebesar 10 N/cm². Tekanan p (10 N/cm²) akan diteruskan menuju luas penampang besar (A_2) misalnya 100 cm².

$$\text{Sehingga } F_2 = \frac{F_1 \times A_2}{A_1}$$

$$F_2 = \frac{10 \text{ N} \times 100 \text{ cm}^2}{1 \text{ cm}^2} = 1.000 \text{ N}$$

Berdasarkan contoh tersebut dapat dilihat bahwa dengan memberikan gaya 10 N pada luas penampang kecil mampu menghasilkan gaya 1.000 N pada luas penampang besar. Berdasarkan prinsip inilah pompa hidrolik tersebut mampu mengangkat motor atau mobil yang cukup berat.

Ayo, Kita Cari Tahu

Masih banyak alat dalam kehidupan sehari-hari yang menggunakan prinsip dari hukum Pascal. Bersama kelompokmu coba cari tahu alat apa saja yang menggunakan prinsip hukum Pascal! Cari tahu juga bagaimana mekanisme kerjanya!

3. Tekanan Gas

Pada bagian sebelumnya kamu telah mempelajari bahwa zat padat dan zat cair memiliki tekanan. Bagaimana dengan gas? Apakah gas juga memiliki tekanan? Pernahkah kamu melihat balon udara? Bagaimana balon udara dapat terbang? Coba lakukan aktivitas berikut agar kamu dapat memahami jawaban pertanyaan tersebut!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 7.5 Membuktikan Tekanan pada Udara

Apa yang kamu perlukan?

1. Gelas minum
2. Air
3. Kertas HVS
4. *Labuh Erlenmeyer*
5. Pembakar spiritus
6. Karet gelang
7. Balon

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Isilah gelas dengan air sampai penuh.
2. Tutuplah gelas yang telah berisi air tersebut dengan selembar kertas HVS.
3. Tahan kertas HVS tersebut dengan telapak tangan, kemudian baliklah gelas dengan cepat (usahakan jangan sampai tumpah).
4. Lepaskan tangan secara perlahan. Amati apa yang terjadi.
5. Sediakan *erlenmeyer* 250 mL, kemudian isilah dengan air.
6. Kemudian tutup labu erlenmeyer dengan balon karet, ikatlah dengan karet gelang agar lebih kuat.
7. Panaskan *erlenmeyer* di atas pembakar spiritus sampai mendidih. Amati apa yang terjadi pada balon karet.
8. Hentikan pemanasan dengan cara mematikan pembakar spiritus.
9. Buka kembali balon karet pada labu *erlenmeyer*. Berhati-hatilah ketika membuka karena *erlenmeyer* dalam keadaan panas.
10. Tutuplah dengan rapat *erlenmeyer* dengan balon karet.

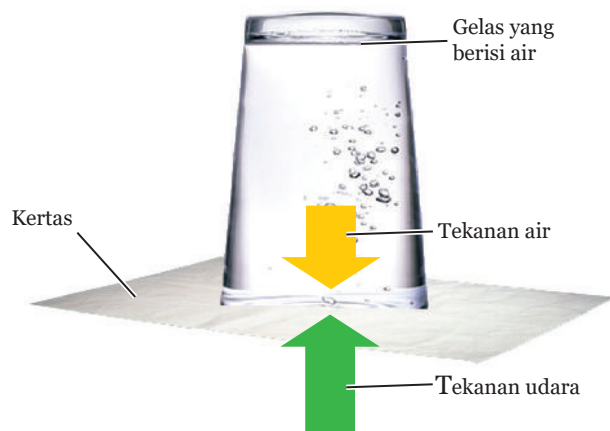
11. Dinginkan *erlenmeyer* yang telah ditutup dengan karet dengan cara memasukkannya ke dalam air dingin.
12. Kemudian biarkan beberapa saat. Amati apa yang terjadi pada balon karet.

Apa yang perlu kamu diskusikan?

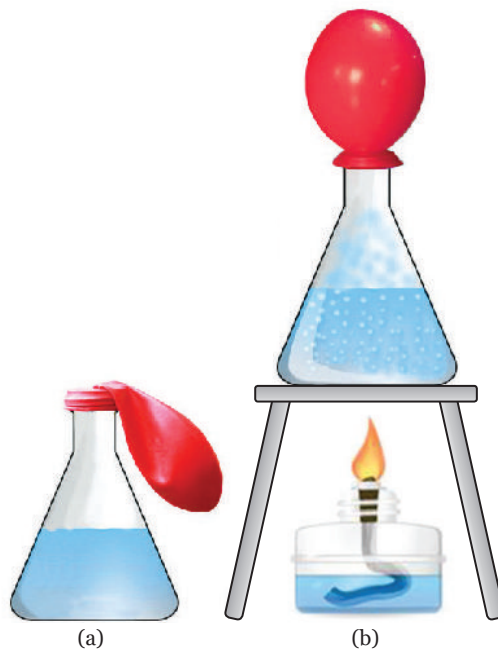
1. Ketika gelas yang berisi air dibalik, ternyata kertas HVS dapat menahan air di dalam gelas. Jelaskan mengapa hal ini dapat terjadi!
2. Ketika air dalam *erlenmeyer* yang ditutup dengan balon karet dipanaskan, balon karet mengembang. Mengapa hal ini dapat terjadi?
3. Mengapa ketika *erlenmeyer* yang berisi air panas yang telah ditutup rapat dengan balon karet dimasukkan ke dalam air dingin, balon karet tertekan ke dalam labu *erlenmeyer*? Jelaskan kejadian tersebut!

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Percobaan yang telah kamu lakukan, menunjukkan bahwa gas juga memiliki tekanan. Ketika gelas yang berisi air dibalik, ternyata kertas HVS dapat menahan air di dalam gelas. Hal ini terjadi karena HVS mendapatkan tekanan dari udara luar yang besarnya lebih besar daripada tekanan air dalam gelas.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 7.15 Tekanan Udara pada Kertas HVS sehingga Mampu Menahan Air

Bagaimanakah tekanan udara yang terjadi pada *erlenmeyer* yang ditutup dengan balon karet? Ketika air dalam *erlenmeyer* yang ditutup dengan balon karet dipanaskan akan membuat balon karet mengembang. Hal ini terjadi karena partikel gas dalam *erlenmeyer* menerima kalor dari pemanasan. Akibatnya gerakan partikel gas dalam *erlenmeyer* semakin cepat dan terjadilah pemuaian sehingga tekanannya menjadi besar. Tekanan di dalam *erlenmeyer* ini diteruskan sama besar menuju balon karet, sehingga tekanan di dalam balon karet lebih besar daripada tekanan gas di luar balon karet yang mengakibatkan balon karet mengembang. Perhatikan Gambar 7.16!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 7.16 (a) Kondisi Balon Karet pada *Erlenmeyer* yang Berisi Air Dingin, (b) Kondisi Balon Karet pada *Erlenmeyer* yang Berisi Air Panas

Ketika *erlenmeyer* yang berisi air panas yang telah ditutup rapat dengan balon karet dimasukkan ke dalam air dingin, balon karet tertekan ke dalam *erlenmeyer*. Hal ini disebabkan karena kalor pada partikel gas dalam *erlenmeyer* dirambatkan menuju air dingin. Pergerakan partikel gas semakin lambat dan terjadilah penyusutan. Penyusutan ini menyebabkan tekanan gas dalam *erlenmeyer* semakin rendah dari tekanan gas di luar. Akibatnya balon karet masuk ke dalam *erlenmeyer* karena tekanan gas dari luar.

Pernahkah kamu melihat balon udara? Ternyata, prinsip tekanan gas dimanfaatkan untuk mengembangkan balon udara. Balon udara seperti pada Gambar 7.17 dapat terbang karena massa jenis total dari balon udara lebih rendah daripada massa jenis udara di sekitarnya. Massa jenis balon udara tersebut dikendalikan oleh perubahan temperatur pada udara dalam balon. Seorang pilot mengontrol temperatur udara dalam balon dengan menggunakan pembakar yang ada di bawah lubang balon.

Sumber: www.usaballoon.com

Gambar 7.17 Balon Udara

Ketika bara api dari pembakar memanaskan udara dalam balon, berat balon menjadi lebih kecil dari gaya ke atas sehingga balon akan bergerak ke atas (Ingat, udara panas lebih ringan dari udara dingin). Jika ingin turun, maka pemanasan udara dalam balon dikurangi atau dihentikan sehingga suhu udara dalam balon menurun. Gaya ke atas pada balon adalah sama dengan berat udara dingin yang dipindahkan oleh balon tersebut. Ingatlah kembali hukum Archimedes!

B. Aplikasi Konsep Tekanan Zat pada Makhluk Hidup

Ayo, Kita Pelajari

- Pengangkutan air dan nutrisi pada tumbuhan
- Tekanan darah
- Tekanan gas pada proses pernapasan

Istilah Penting

- Xilem
- Floem
- Kohesi
- Adhesi
- Sistol
- Diastol

Mengapa Penting?

Mempelajari materi ini akan membantumu memahami aplikasi konsep tekanan zat pada makhluk hidup, sehingga membuatmu semakin paham bagaimana proses-proses yang terjadi pada makhluk hidup.

Apakah konsep tekanan zat yang telah kamu pelajari juga terdapat pada makhluk hidup? Konsep tekanan zat juga terdapat pada makhluk hidup, misalnya pada mekanisme pengangkutan air dan nutrisi pada

tumbuhan, tekanan darah manusia, dan tekanan gas pada proses pernapasan. Kamu penasaran bukan dengan semua itu? Ayo kita pelajari dengan saksama!

1. Pengangkutan Air dan Nutrisi pada Tumbuhan

Masih ingatkah kamu berkas pengangkut pada tumbuhan? Xilem dan floem adalah jaringan seperti tabung yang berperan dalam sistem pengangkutan. Air dan mineral dari dalam tanah akan diserap oleh akar, kemudian diangkut melalui xilem ke bagian batang dan daun tumbuhan. Zat makanan yang dibuat di daun akan diangkut melalui floem ke bagian lain tumbuhan yang memerlukan zat makanan. Lalu bagaimana mekanisme pengangkutan air, mineral, dan nutrisi tersebut? Sebelum kamu mempelajarinya lebih dalam coba diskusikan terlebih dahulu dengan temanmu!

Ayo, Kita Diskusikan

Bagaimana tumbuhan yang tinggi dapat mengangkut air yang ada di dalam tanah menuju daun yang letaknya lebih dari 10 m dari akar?

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 7.6 Menyelidiki Transportasi pada Tumbuhan

Apa yang kamu perlukan?

1. Pewarna makanan (warna merah dan biru)
2. 1,5 L air
3. 3 gelas air mineral
4. 3 tumbuhan pacar air (*Impatiens balsamina*)
5. Mikroskop
6. Silet
7. Nampan
8. Kaca benda dan kaca penutup
9. Pipet tetes

Apa yang kamu lakukan?

1. Letakkan tumbuhan pacar air di ruang terbuka sehingga sedikit layu. Amati warna pertulangan daun pada bagian bawah daun tumbuhan pacar air!
2. Tuangkan air setinggi 5-6 cm pada masing-masing gelas air mineral!
3. Teteskan pewarna makanan pada kedua gelas air mineral! Biarkan satu gelas air mineral hanya berisi air, tanpa pewarna. Berhati-hatilah ketika menuang pewarna, karena dapat mengotori pakaianmu!
4. Letakkan tumbuhan pacar air, pada masing-masing gelas air mineral! Biarkan selama 2 jam! Perhatikan Gambar 7.18!
5. Amati perubahan pada daun pacar air setelah tumbuhan dibiarkan selama 2 jam dalam gelas air mineral tersebut! Apakah daun menjadi segar atau tetap dalam keadaan layu?
6. Amati warna pertulangan daun pada bagian bawah daun tumbuhan pacar air yang diletakkan dalam gelas air mineral berisi air berwarna! Apakah pertulangan daun berwarna merah atau biru?

Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 7.18 Tumbuhan Pacar Air

7. Buatlah sayatan melintang pada batang tumbuhan pacar air yang diletakkan dalam gelas air mineral berisi air berwarna menggunakan silet! Usahakan irisan setipis mungkin dan berhati-hatilah ketika menggunakan silet, karena dapat melukai tanganmu!
8. Letakkan sayatan tersebut pada kaca benda, lalu tetesi dengan air!
9. Tutuplah kedua kaca benda tersebut dengan kaca penutup!
10. Amatilah preparat yang telah dibuat menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40 kali atau perbesaran yang lebih tinggi, misalnya 100 kali atau 400 kali!
11. Perhatikan bagian yang berwarna merah atau berwarna biru! Apa nama jaringan yang berwarna tersebut? Apa fungsinya?
12. Catatlah hasil pengamatanmu dengan cermat!

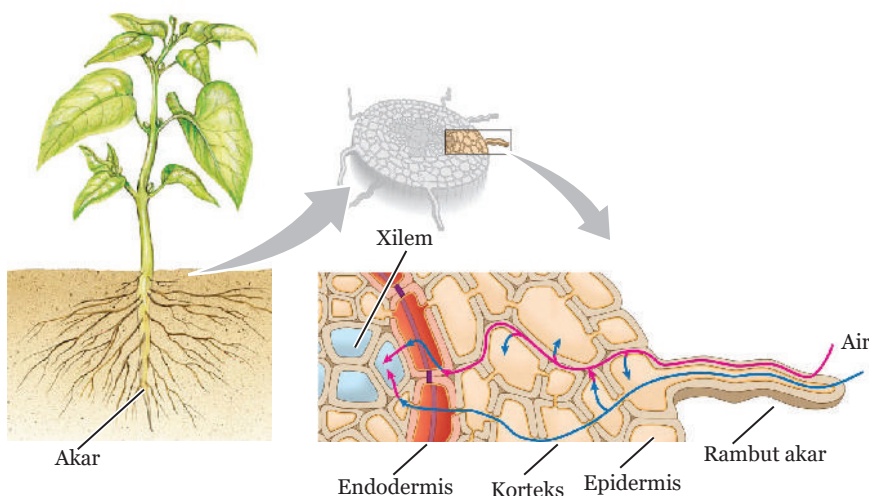
Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Apa yang terjadi pada tumbuhan pacar air sebelum dan sesudah diletakkan dalam air selama 2 jam?
2. Apakah ada perbedaan warna pertulangan daun antara daun tumbuhan pacar air sebelum dan sesudah diletakkan dalam air selama 2 jam?
3. Berdasarkan hasil pengamatan bagian batang yang berwarna, jaringan apa yang berperan pada peristiwa tersebut?
4. Mengapa peristiwa tersebut dapat terjadi?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

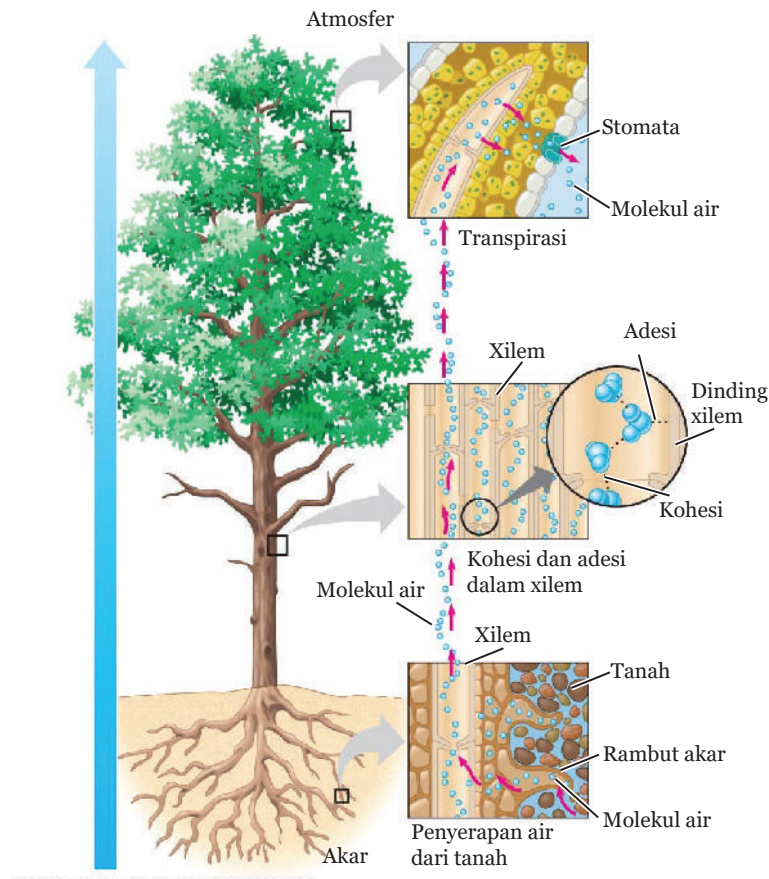
Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

a. Pengangkutan Air pada Tumbuhan

Masih ingatkah kamu susunan jaringan pada akar mulai dari jaringan terluar hingga terdalam? Jaringan-jaringan itulah yang akan dilalui oleh air ketika masuk ke dalam tumbuhan. Perhatikan Gambar 7.19 untuk mengetahui jaringan yang dilalui oleh air ketika masuk ke dalam akar.

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 7. 19 Jalur Pengangkutan Air Ketika Masuk Ke Dalam Akar

Pertama-tama, air diserap oleh rambut-rambut akar. Kemudian, air masuk ke sel epidermis melalui proses secara osmosis. Selanjutnya, air akan melalui korteks. Dari korteks, air kemudian melalui endodermis dan perisikel. Selanjutnya, air masuk ke jaringan xilem yang berada di akar. Setelah tiba di xilem akar, air akan bergerak ke xilem batang dan ke xilem daun!

Tumbuhan tidak mempunyai mekanisme pemompaan cairan seperti pada jantung manusia. Lalu, bagaimanakah air dapat naik dari akar ke bagian tumbuhan lain yang lebih tinggi? Perhatikan Gambar 7.20 tentang pergerakan air dari akar menuju daun!

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 7.20 Pengangkutan Air dari Akar Menuju Daun

Air dapat diangkut naik dari akar ke bagian tumbuhan lain yang lebih tinggi dan diedarkan ke seluruh tubuh tumbuhan karena adanya daya kapilaritas batang. Sifat ini seperti yang terdapat pada pipa kapiler. Pipa kapiler memiliki bentuk yang hampir menyerupai sedotan akan

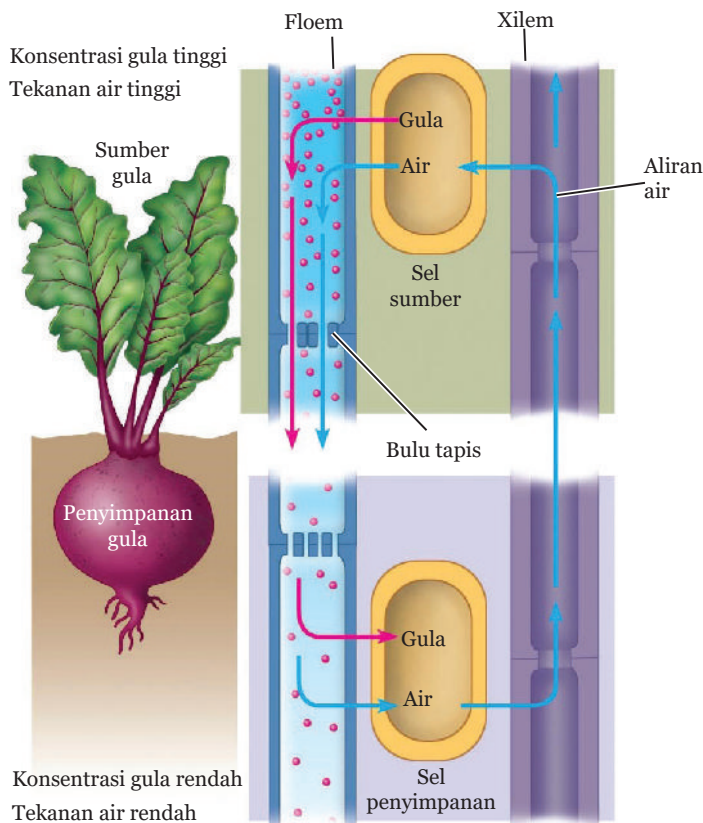
tetapi diameternya sangat kecil. Apabila salah satu ujung pipa kapiler dimasukkan ke dalam air, air yang berada pada pipa tersebut akan lebih tinggi daripada air yang berada di sekitar pipa kapiler. Begitu pula pada batang tanaman, air yang berada pada batang tanaman akan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan air yang berada pada tanah.

Daya kapilaritas batang dipengaruhi oleh adanya gaya kohesi dan adhesi. Kohesi merupakan kecenderungan suatu molekul untuk dapat berikatan dengan molekul lain yang sejenis. Adhesi adalah kecenderungan suatu molekul untuk dapat berikatan dengan molekul lain yang tidak sejenis. Melalui gaya adhesi, molekul air membentuk ikatan yang lemah dengan dinding pembuluh. Melalui gaya kohesi akan terjadi ikatan antara satu molekul air dengan molekul air lainnya. Hal ini akan menyebabkan terjadinya tarik-menarik antara molekul air yang satu dengan molekul air lainnya di sepanjang pembuluh xilem.

Selain disebabkan oleh gaya kohesi dan adhesi, naiknya air ke daun disebabkan oleh penggunaan air di bagian daun atau yang disebut dengan daya isap daun. Air dimanfaatkan oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis. Pada daun, air juga mengalami penguapan. Penguapan air oleh daun disebut transpirasi. Penggunaan air oleh bagian daun akan menyebabkan terjadinya tarikan terhadap air yang berada pada bagian xilem sehingga air yang ada pada akar dapat naik ke daun.

b. Pengangkutan Nutrisi pada Tumbuhan

Semua bagian tumbuhan, yaitu akar, batang, daun, dan bagian lainnya memerlukan nutrisi. Agar kebutuhan nutrisi di setiap bagian tumbuhan terpenuhi, maka dibutuhkan suatu proses pengangkutan nutrisi hasil fotosintesis berupa gula dan asam amino ke seluruh tubuh tumbuhan. Pengangkutan hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh tumbuhan terjadi melalui pembuluh floem.

Pengangkutan zat-zat hasil fotosintesis dimulai dari sumbernya, yaitu daun (daerah yang memiliki konsentrasi gula tinggi) ke bagian tanaman lain yang dituju (daerah yang memiliki konsentrasi gula rendah) dengan dibantu oleh sirkulasi air yang mengalir melalui pembuluh xilem dan floem. Perhatikanlah Gambar 7.21!

Sumber: Recee *et al.* 2012

Gambar 7.21 Pengangkutan Nutrisi Hasil Fotosintesis pada Tumbuhan

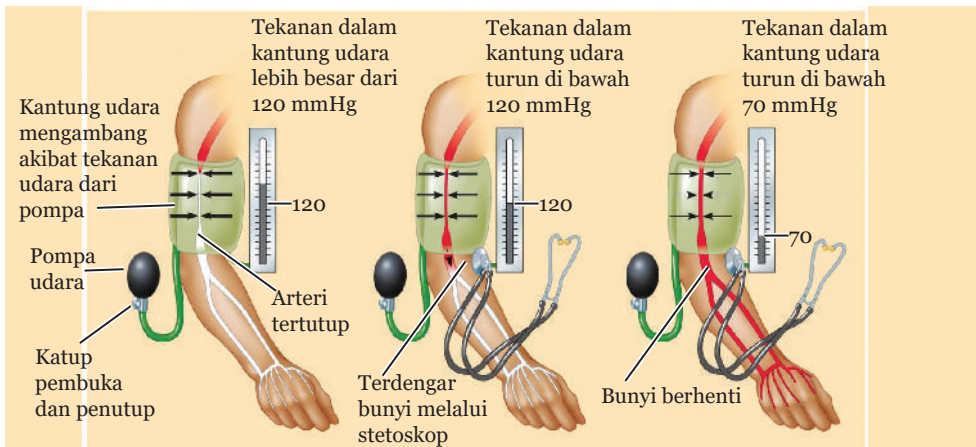
2. Tekanan Darah pada Sistem Peredaran Darah Manusia

Tekanan yang terdapat pada pembuluh darah memiliki prinsip kerja seperti hukum Pascal. Hal ini karena tekanan pada pembuluh darah merupakan tekanan yang berada pada ruang tertutup. Pada saat jantung memompa darah, darah akan mendapatkan dorongan sehingga mengalir melalui pembuluh darah. Saat mengalir dalam pembuluh darah, darah memberikan dorongan pada dinding pembuluh darah yang disebut dengan tekanan darah. Agar tekanan darah tetap terjaga, maka pembuluh darah harus terisi penuh oleh darah. Bila terjadi kehilangan darah akibat kecelakaan atau penyakit, tekanan darah dapat hilang, sehingga darah tidak dapat mengalir menuju sel-sel di seluruh tubuh. Akibatnya, sel-sel tubuh akan mati karena tidak mendapatkan pasokan oksigen dan nutrisi.

Tekanan darah diukur dengan menggunakan sebuah alat yang bernama *sphygmomanometer*, ada pula yang menyebutnya dengan tensimeter seperti yang terdapat pada Gambar 7.21.

Sumber: Markuso, 2011

Gambar 7.22 *Sphygmomanometer*

Tekanan darah diukur di dalam pembuluh nadi (arteri) besar yang biasanya dilakukan di tangan bagian lengan atas. Coba perhatikan Gambar 7.22! Tekanan darah yang normal berkisar antara 120/80 mmHg. Angka pertama menunjukkan tekanan saat bilik berkontraksi dan darah terdorong keluar dari bilik jantung melalui pembuluh arteri disebut angka sistol. Angka kedua, yaitu yang lebih rendah adalah hasil pengukuran tekanan saat bilik relaksasi dan darah masuk menuju bilik jantung, tepat sebelum bilik-bilik ini berkontraksi lagi, disebut angka diastol

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 7.22 Cara Pengukuran Tekanan Darah

Pada proses pengukuran tekanan darah juga berlaku hukum Pascal. Masih ingatkah kamu pernyataan hukum Pascal?

Menurut Pascal tekanan yang diberikan kepada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dengan besar yang sama.

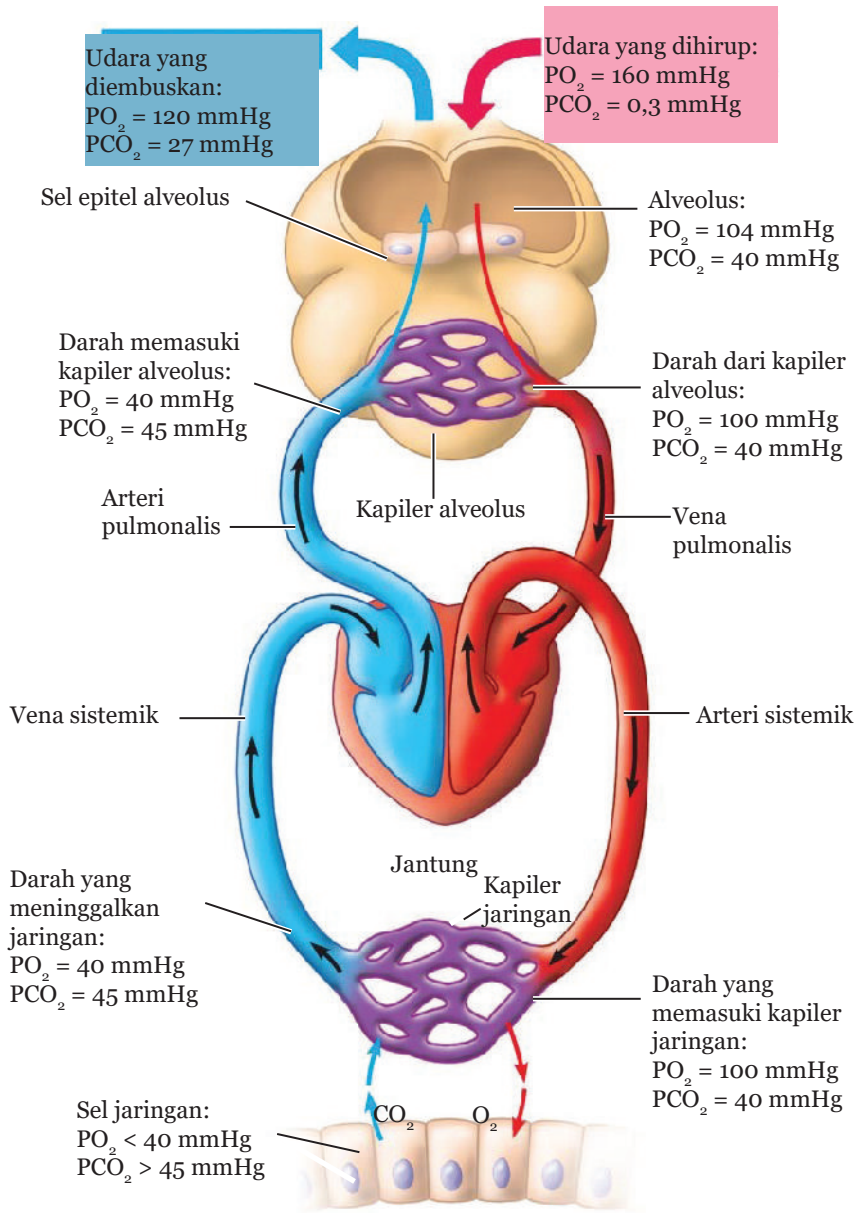
Dengan demikian, tekanan darah yang berada pada bagian aorta, akan sama dengan tekanan yang ada pada arteri atau pembuluh nadi yang ada di lengan atas atau di bagian tubuh yang lainnya.

3. Tekanan Gas pada Proses Pernapasan Manusia

Di dalam paru-paru tepatnya di alveolus terjadi pertukaran antara oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2). Setiap menit paru-paru dapat menyerap sekitar 250 mL O_2 dan mengeluarkan sebanyak 200 mL CO_2. Proses pertukaran antara O_2 dengan CO_2 terjadi secara difusi, yaitu proses perpindahan zat terlarut dari daerah yang memiliki konsentrasi dan tekanan parsial tinggi ke daerah yang memiliki konsentrasi dan tekanan parsial rendah.

Tekanan parsial adalah tekanan yang diberikan oleh gas tertentu dalam campuran gas tersebut. Pada bagian ini yang dimaksud dengan tekanan parsial adalah tekanan O_2 dan CO_2 yang terlarut di dalam darah. Tekanan parsial O_2 diberi simbol PO_2, sedangkan tekanan parsial CO_2 diberi simbol PCO_2. Pada sistem peredaran darah, tekanan parsial antara O_2 dan CO_2 bervariasi pada setiap organ. Darah yang masuk ke paru-paru melalui arteri pulmonalis memiliki PO_2 yang lebih rendah dan PCO_2 yang lebih tinggi daripada udara di dalam alveoli (alveoli merupakan jamak dari alveolus).

Pada saat darah memasuki kapiler alveoli, CO_2 yang terkandung dalam darah berdifusi menuju alveoli dan O_2 yang terkandung dalam udara di alveoli berdifusi ke dalam darah. Akibatnya PO_2 dalam darah menjadi naik (banyak mengandung oksigen) dan PCO_2 dalam darah menjadi turun (sedikit mengandung karbondioksida). Darah tersebut selanjutnya menuju ke jantung, kemudian dipompa ke seluruh bagian tubuh. Pada saat darah tiba di jaringan tubuh, O_2 dalam darah tersebut mengalami difusi menuju jaringan tubuh. Kandungan CO_2 dalam jaringan tubuh lebih besar dari pada kandungan CO_2 dalam darah,

sehingga CO_2 dalam jaringan tubuh mengalami difusi ke dalam darah. Setelah melepaskan O_2 dan membawa CO_2 dari jaringan tubuh, darah kembali menuju jantung dan dipompa lagi ke paru-paru. Perhatikan Gambar 7.23!

Sumber: Reece *et al.* 2012

Gambar 7.23 Difusi Gas pada Proses Pernapasan dan Sirkulasi

Ayo, Kita Pikirkan!

Tahukah kamu letak jantung? Jantung terletak di rongga dada di antara dua paru-paru. Coba kamu pikirkan, mengapa Tuhan menciptakan manusia dengan menempatkan jantung di rongga dada?

Ayo, Kita Renungkan

Pada bab ini kamu telah mempelajari tentang tekanan yang terdapat pada zat padat, cair, dan gas. Terdapat proses perpindahan zat di mana tekanan yang diberikan pada zat dan gas yang ada di tempat tertutup akan disebarkan ke segala arah. Bagaimana dengan tubuh kita? Di dalam tubuh kita terdapat organ yang bernama jantung. Jantung memiliki fungsi memberikan tekanan pada darah sehingga darah yang mengandung oksigen, protein, mineral, dan zat-zat lain yang diperlukan tubuh dapat mengalir ke seluruh tubuh kita. Mengalirnya darah ke seluruh tubuh menjadikan terpenuhinya kebutuhan sel-sel dalam tubuh kita, sehingga kerja organ di dalam tubuh kita tidak mengalami gangguan. Bersyukurlah kepada Tuhan yang telah menciptakan tubuhmu dengan sempurna, sehingga bahan-bahan yang tidak diperlukan bagi tubuh dapat dialirkan melalui darah dengan sistem pompa yang dilakukan oleh jantung. Begitu pentingnya peran jantung bagi tubuh kita, apakah kamu sudah berupaya menjaga kesehatanmu? Coba jawablah beberapa pertanyaan berikut ini dengan memberi tanda centang (√) pada kolom "ya" atau "tidak"!

Tabel 7.3 Pertanyaan untuk Refleksi
Terkait Tekanan Zat dan Penerapannya dalam Kehidupan Sehari-hari

No	Pertanyaan	Ya	Tidak
1	Apakah kamu bersyukur atas karunia Tuhan berupa organ jantung dan pembuluh darah yang terdapat pada tubuhmu?		

2	Apakah kamu menjaga kesehatan sistem peredaran darah dengan berolahraga secara teratur?		
3	Apakah kamu menjaga kesehatan sistem peredaran darah dengan mengonsumsi makanan yang bergizi seperti bayam, susu, telur, dan lain sebagainya?		
4	Apakah kamu menjaga kesehatan sistem peredaran darah dengan tidak begadang?		

Coba kamu hitung, berapa total skormu dengan ketentuan:

- Jawaban "ya" mendapat skor 2 (dua)
- Jawaban "tidak" mendapat skor 0 (nol)

Bandingkan total skormu dengan kriteria berikut.

- Skor 0 - 3 : berarti kamu memiliki sikap yang kurang baik dalam mempraktikkan konsep tekanan zat dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.
- Skor 4 - 6 : berarti kamu memiliki sikap yang baik dalam mempraktikkan konsep tekanan zat dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.
- Skor 7 - 10 : berarti kamu memiliki sikap yang sangat baik dalam mempraktikkan konsep tekanan zat dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

Untuk kamu yang memiliki sikap yang kurang baik, sebaiknya kamu terus berusaha untuk meningkatkan motivasimu dalam belajar terkait konsep tekanan zat dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

Info Tokoh
Archimedes
287 - 212 SM
Menemukan hukum Archimedes untuk prinsip pengembangan pembuatan kapal selam
1136 - 1206 M
Al Jazari
Pengembang prinsip hidrolik untuk menggerakkan mesin
1564 - 1642 SM
Galileo Galilei
Penemuan dasar-dasar hidrostatistika
1608-1647 SM
Evangelista Toricelli
Menetapkan tentang tekanan atmosfer dan menemukan alat untuk mengukurnya, yaitu barometer
1623-1662 SM
Blaise Pascal
Menemukan prinsip tekanan zat cair di ruang tertutup akan merambat secara merata ke semua arah
1627-1691 SM
Robert Boyle
Menemukan prinsip tekanan dan volume gas di ruang hampa adalah konstan atau tetap

Rangkuman

1. Tekanan berbanding lurus dengan besar gaya dan berbanding terbalik dengan luas bidang tekan. Semakin besar dorongan (gaya) yang diberikan, semakin besar pula tekanan yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin besar luas bidang tekan suatu benda maka semakin kecil tekanan yang dihasilkan.
2. Kedalaman zat cair dan massa jenis zat cair memengaruhi tekanan zat cair atau disebut dengan tekanan hidrostatis. Semakin dalam zat cair maka tekanan yang dihasilkan semakin besar. Semakin besar massa jenis zat cair, semakin besar pula tekanan yang dihasilkan. Dengan kata lain, tekanan dalam zat cair sebanding dengan kedalaman atau ketinggian dan besarnya massa jenis.
3. Hukum Archimedes menyatakan bahwa "Jika suatu benda dicelupkan ke dalam suatu zat cair, maka benda itu akan memperoleh tekanan ke atas yang sama besarnya dengan berat zat cair yang didesak oleh benda tersebut".
4. Hukum Pascal menyatakan bahwa tekanan yang diberikan kepada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dengan besar yang sama.
5. Aplikasi konsep tekanan zat pada makhluk hidup dapat ditemui pada pengangkutan air dan nutrisi pada tumbuhan, tekanan darah pada pembuluh darah manusia, dan tekanan gas pada proses pernapasan.
6. Air dapat diangkut naik dari akar ke bagian tumbuhan lain yang lebih tinggi dan diedarkan ke seluruh tubuh tumbuhan karena adanya daya kapilaritas batang dan daya isap daun.
7. Pengangkutan hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh tumbuhan terjadi melalui pembuluh floem. Perjalanan zat-zat hasil fotosintesis dimulai dari sumbernya, yaitu daun (daerah yang memiliki konsentrasi gula tinggi) ke bagian tumbuhan lain yang dituju (daerah yang memiliki konsentrasi gula rendah).

Tekanan Zat dan Penerapannya dalam Kehidupan Sehari-hari

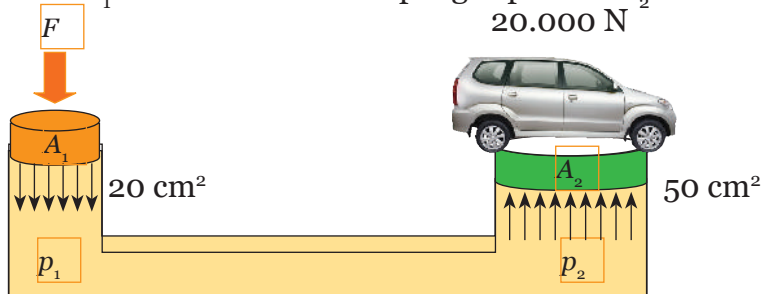
meliputi

- **Tekanan Zat Padat**
  - dirumuskan: $p = \frac{F}{A}$
- **Tekanan Zat Cair**
  - mencakup:
    - **Tekanan Hidrostatik**
      - dirumuskan: $p = \rho g h$
      - dimanfaatkan pada pembuatan: Struktur Bendungan Air
    - **Hukum Archimedes**
      - dirumuskan: $F_a = \rho_c \; g \; V_{cp}$
      - dimanfaatkan pada pembuatan: Kapal Selam
    - **Hukum Pascal**
      - dirumuskan: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$
      - Dimanfaatkan pada pembuatan: Dongkrak Hidrolik
- **Tekanan Gas**
  - misalnya: Tekanan Gas pada Proses Pernapasan
- **Aplikasi Tekanan dalam Kehidupan Sehari-hari**
  - misalnya:
    - Tekanan Gas pada Proses Pernapasan
    - Pengangkutan Air pada Tumbuhan
    - Pengangkutan Nutrisi pada Tumbuhan
    - Tekanan Darah

(Tekanan Zat Cair also links to: Pengangkutan Air pada Tumbuhan, Pengangkutan Nutrisi pada Tumbuhan, Tekanan Darah)

A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Faktor-faktor yang memengaruhi besarnya tekanan adalah ....
   A. gaya tekan dan massa benda
   B. gaya tekan dan gaya gravitasi
   C. luas bidang tekan dan gaya tekan
   D. luas bidang tekan dan gaya gravitasi

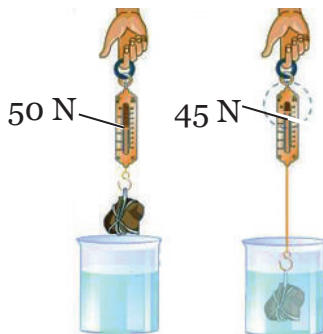
2. Sebuah alat pengangkat mobil memiliki luas penampang pengisap kecil A_1 sebesar 20 cm² dan pengisap besar A_2 sebesar 50 cm².

   Gaya yang harus diberikan untuk mengangkat mobil 20.000 N adalah ... N.
   A. 2.000
   B. 4.000
   C. 5.000
   D. 8.000

3. Upaya yang dapat dilakukan untuk mendapatkan tekanan yang besar adalah ....
   A. mengurangi gaya tekan dan memperbesar luas bidang
   B. mengurangi gaya tekan dan memperkecil luas bidang
   C. meningkatkan gaya tekan dan memperbesar luas bidang
   D. meningkatkan gaya tekan dan memperkecil luas bidang

4. Seorang penyelam menyelam dengan kedalaman 3 m, massa jenis air 1.000 kg/m³, konstanta gravitasi pada tempat tersebut adalah 10 N/kg. Besar tekanan hidrostatisnya adalah ... N/m².
   A. 3.000
   B. 30.000
   C. 40.000
   D. 50.000
5. Sebuah drum besi dapat mengapung di dalam air disebabkan oleh ....
   A. massa jenis seluruh drum lebih kecil daripada massa jenis air
   B. massa jenis seluruh drum lebih besar daripada massa jenis air
   C. massa jenis bahan pembuat drum lebih kecil daripada massa jenis air
   D. massa jenis bahan pembuat drum lebih besar daripada massa jenis air
6. Perhatikan tabel berikut!

Ketinggian (m)	Tekanan (cmHg)
7.000	6
5.000	26
3.000	46
1.000	66
Di permukaan laut	76

   Berdasarkan tabel tersebut pernyataan yang benar mengenai hubungan tekanan udara dengan ketinggian adalah ....
   A. ketinggian tempat menghambat tekanan udara
   B. semakin rendah tempat maka tekanan udaranya terhambat
   C. semakin tinggi tempat maka tekanan udaranya semakin besar
   D. semakin tinggi tempat maka tekanan udaranya semakin kecil
7. Teknologi berikut ini yang tidak menggunakan prinsip Archimedes adalah ....
   A. hidrometer
   B. jembatan ponton
   C. balon udara
   D. dongkrak mobil

8. Perhatikan gambar berikut!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Sebuah benda memiliki berat 50 N, ketika ditimbang di dalam air beratnya hanya 45 N, maka gaya ke atas yang menekan benda sebesar... N.

A. 5
B. 25
C. 45
D. 50

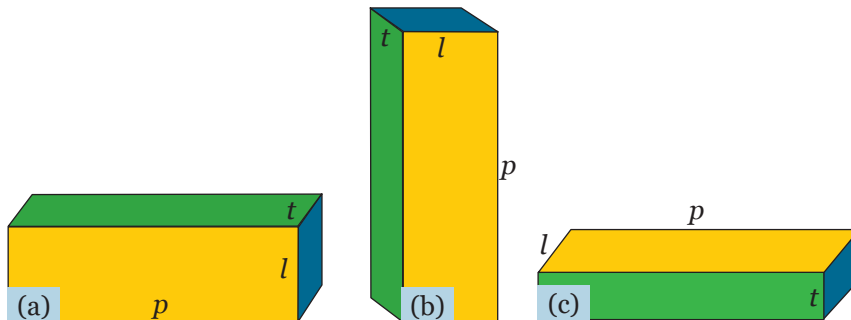
9. Pada tumbuhan, air dari akar dapat naik sampai ke daun disebabkan oleh daya kapilaritas batang. Pernyataan yang benar terkait peristiwa tersebut adalah ....

A. di dalam sel-sel akar terjadi peristiwa osmosis sehingga menyebabkan daya kapilaritas batang meningkat
B. jaringan xilem memiliki diameter yang sangat kecil sehingga memiliki tekanan yang besar untuk menaikkan air ke daun
C. jaringan floem memiliki diameter yang sangat kecil sehingga memiliki tekanan yang besar untuk menaikkan air ke daun
D. air dari dalam tanah dapat naik karena daya isap daun yang rendah sehingga tekanan osmosis dalam sel meningkat

10. Pada saat mengukur tekanan darah dengan tensimeter, berlaku hukum ....

A. Pascal
B. Archimedes
C. Boyle
D. Newton

B. Jawablah pertanyaan berikut ini dengan benar!

1. Sebuah balok memiliki panjang (p) 12 cm, lebar (l) 8 cm, dan tinggi (t) 3 cm serta berat sebesar 30 N. Jika balok tersebut diletakkan dengan posisi seperti gambar a, b, dan c, tentukan besar tekanan pada masing-masing posisi tersebut!

2. Sebuah dongkrak hidrolik dapat mengangkat benda dengan massa 1 ton serta luas penampang piston pengisap besar 0,2 m^2. Jika luas penampang piston pengisap kecil 0,02 m^2. Serta besar percepatan gravitasi 9,8 N/m^3. Berapakah gaya minimal yang harus diberikan agar dapat mengangkat benda tersebut?
3. Jelaskan peristiwa tekanan yang terjadi pada saat jantung memompa darah ke seluruh tubuh!
4. Identifikasilah hubungan antara gaya apung dan berat benda sebuah kapal selam ketika berada dalam keadaan a) terapung, b) melayang, dan c) tenggelam!
5. Jelaskan bagaimana mekanisme pengangkutan air dari akar menuju daun!

Ayo, Kita Kerjakan Proyek

Topik 1: Membuat Roket Air Sederhana

- **Permasalahan**

Semua zat baik zat cair, padat, dan gas memiliki tekanan. Tekanan dari berbagai zat tersebut dapat dimanfaatkan bagi kehidupan sehari-hari. Bagaimanakah prinsip tekanan zat gas yang diterapkan pada roket air sederhana?

- **Perencanaan**

Rancanglah kegiatan penyelidikan untuk membuat roket air. Lakukan kegiatan ini dalam kelompok (3-5 orang per kelompok). Buatlah rancangan percobaan pembuatan roket air sederhana. Kemudian konsultasikan kepada guru atau orangtua rancangan percobaan yang akan kamu lakukan.

- **Pelaksanaan**

Lakukan kegiatan yang sudah kamu rancang untuk membuat roket air sederhana. Fotolah setiap tahap pembuatan roket air. Selanjutnya amati dan catatlah hasil percobaan roket air sederhana yang telah kamu buat dengan kelompokmu.

Gunakan ide-ide kreatifmu pada saat kamu menyusun karya tulis. Selain itu, bekerja samalah dengan baik dengan kelompokmu selama kamu menyelesaikan proyek ini.

Lakukan kegiatan ini dengan hati-hati. Jika kalian mengalami kesulitan, mintalah bantuan pada guru atau orangtua.

- **Hasil Pengamatan**

Deskripsikan bagaimana kerja dari roket air yang telah kamu buat!

- **Kesimpulan**

Berdasarkan percobaan yang telah kamu lakukan, apakah kesimpulan yang dapat kalian susun?

- **Penilaian**

Penilaian dilakukan berdasarkan:

1. Produk berupa laporan hasil percobaan yang dilengkapi dengan gambar/foto kegiatan, data hasil percobaan, dan sumber rujukan yang digunakan.
2. Presentasi hasil percobaan yang telah disusun dalam bentuk laporan hasil percobaan.

Ayo, Kita Kerjakan Proyek

Topik 2: Membuat Balon Udara Sederhana

- **Permasalahan**

Semua zat baik zat cair, padat, dan gas memiliki tekanan. Tekanan dari berbagai zat tersebut dapat dimanfaatkan bagi kehidupan sehari-hari. Bagaimana prinsip kerja tekanan zat gas pada pengoperasian balon udara?

- **Perencanaan**

Rancanglah kegiatan penyelidikan untuk membuat balon udara Lakukan kegiatan ini dalam kelompok (3-5 orang per kelompok). Buatlah rancangan percobaan pembuatan balon udara sederhana. Kemudian konsultasikan kepada guru atau orangtua rancangan percobaan yang akan kamu lakukan.

- **Pelaksanaan**

Lakukan kegiatan yang sudah kamu rancang untuk membuat balon udara sederhana. Fotolah setiap tahap pembuatan balon udara sederhana. Selanjutnya amati dan catatlah hasil percobaan balon udara sederhana yang telah kamu buat dengan kelompokmu.

Gunakan ide-ide kreatifmu pada saat kamu menyusun karya tulis. Selain itu, bekerja samalah dengan baik dengan kelompokmu selama kamu menyelesaikan proyek ini.

- **Hasil Pengamatan**

Deskripsikan bagaimana kerja dari balon udara yang telah kamu buat!

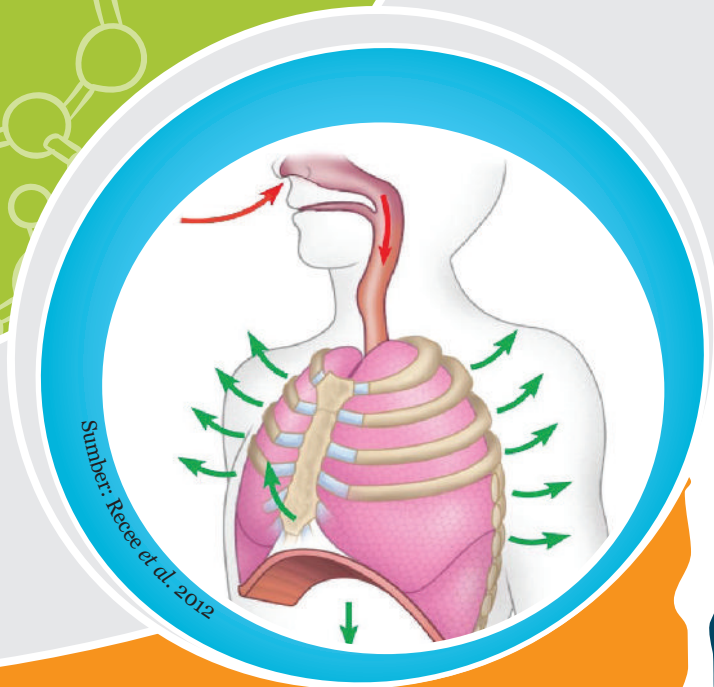
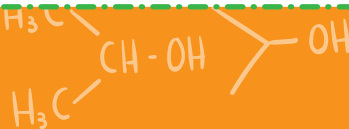
- **Kesimpulan**

Berdasarkan percobaan yang telah kamu lakukan, apakah kesimpulan yang dapat kalian susun?

- **Penilaian**

Penilaian dilakukan berdasarkan:

1. Produk berupa laporan hasil percobaan yang dilengkapi dengan gambar/foto kegiatan, data hasil percobaan, dan sumber rujukan yang digunakan.
2. Presentasi hasil percobaan yang telah disusun dalam bentuk laporan hasil percobaan.

8 Sistem Pernapasan Manusia

Setiap saat manusia menghirup dan mengembuskan udara. Tahukah kamu apa fungsi udara bagi manusia? Apakah semua jenis gas yang terdapat di udara diperlukan oleh manusia? Bagaimanakah mekanisme pertukaran udara di dalam tubuh manusia? Untuk mengetahui jawabannya, ayo kita pelajari bab ini dengan bersemangat!

Sebagai generasi penerus bangsa Indonesia, kita wajib bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia kesuburan tanah dan adanya musim hujan, sehingga banyak tumbuh-tumbuhan yang dapat hidup untuk menyediakan oksigen (O_2) bagi kita dan menyerap karbon dioksida (CO_2). Gas oksigen (O_2) dan gas karbon dioksida (CO_2) merupakan gas-gas utama yang terlibat dalam proses pernapasan. Pernahkah kamu menghitung berapa kali dalam satu menit kamu bernapas? Pernahkah kamu menghitung berapa banyak kamu bernapas dalam satu hari? Untuk mengetahuinya, ayo lakukan aktivitas berikut!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 8.1 Mengamati Jumlah Kekerapan (Frekuensi) Pernapasan

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Bernapaslah secara normal atau seperti biasa dan hitung berapa jumlah napasmu selama 1 menit. Satu kali bernapas dapat diartikan dengan sekali menghirup udara dan sekali mengembuskan udara. Jumlah kekerapan (frekuensi) pernapasan adalah jumlah bernapas dalam satuan waktu tertentu.
2. Ulangi langkah 1 sebanyak tiga kali, kemudian carilah rerata frekuensi pernapasanmu.
3. Cobalah menghitung rerata frekuensi dua orang temanmu dengan melakukan langkah 1 dan 2 kemudian catat hasilnya pada Tabel 8.1

Tabel 8.1 Hasil Perhitungan Frekuensi Pernapasan

Nama	Ulangan	Frekuensi Pernapasan selama 1 Menit	Rerata Frekuensi Pernapasan selama 1 Menit
	1		
	2		
	3		

Nama	Ulangan	Frekuensi Pernapasan selama 1 Menit	Rerata Frekuensi Pernapasan selama 1 Menit
	1		
	2		
	3		
	1		
	2		
	3		

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Organ apa saja yang berperan dalam sistem pernapasan?
2. Berdasarkan rerata frekuensi pernapasan selama 1 menit, hitunglah frekuensi pernapasanmu selama 1 hari!
3. Apakah rerata frekuensi pernapasanmu dan temanmu berbeda?
4. Menurutmu mengapa rerata frekuensi pernapasanmu berbeda dengan temanmu?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan hasil percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa saja yang dapat kamu simpulkan?

Pada umumnya, manusia dapat bernapas sekitar 17 ribu kali dalam sehari. Berapa jumlah napasmu dalam sehari berdasarkan kegiatan yang telah kamu lakukan? Selama bernapas, udara terus keluar dan masuk melalui organ-organ pernapasan. Apa sajakah organ pernapasan yang kamu ketahui? Hidung dan paru-paru merupakan contoh dari organ pernapasan. Tahukah kamu organ apa sajakah yang menghubungkan hidung dengan paru-paru? Proses apa sajakah yang terjadi di antara hidung dan paru-paru? Pernahkah kamu mengamati bahwa di dalam hidungmu terdapat rambut-rambut halus? Tahukah kamu apa fungsi dari rambut halus yang ada di hidung? Tuhan yang Maha Kuasa menciptakan segala sesuatu di bumi ini dengan tugas dan fungsinya masing-masing. Manusia memiliki organ pernapasan yang dilengkapi dengan berbagai komponen yang dapat membantu manusia untuk dapat memasukkan udara yang bersih dan suhu yang sesuai dengan keadaan di dalam paru-paru. Setelah kamu melakukan Aktivitas 8.1, kamu juga mengetahui bahwa kecepatan bernapas setiap

orang berbeda-beda, faktor apa saja yang memengaruhinya? Untuk menjawab berbagai pertanyaan yang membuatmu ingin tahu, ayo pelajari bab ini dengan saksama!

A. Struktur dan Fungsi Sistem Pernapasan Manusia

Ayo, Kita Pelajari

- Organ pernapasan pada manusia
- Mekanisme pernapasan pada manusia

Istilah Penting

- Respirasi
- Bernapas
- Volume pernapasan
- Oksigen
- Karbon dioksida
- Inspirasi
- Ekspirasi

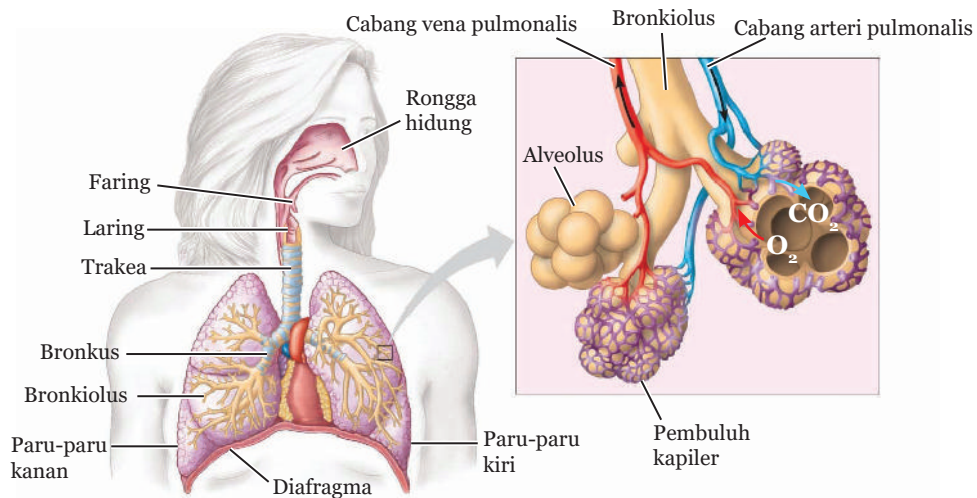
Mengapa Penting?

Mempelajari materi ini akan membantumu mengetahui organ pernapasanmu dan mekanisme yang ada di dalamnya.

Pernahkah kamu mendengar istilah respirasi? **Respirasi** adalah proses pertukaran gas yang terjadi di dalam tubuh makhluk hidup. Ada tiga proses dasar dalam respirasi manusia. (1) **Bernapas** atau **ventilasi paru-paru**, merupakan proses menghirup udara (inhalasi) dan mengembuskan udara (ekhalasi) yang melibatkan pertukaran udara antara atmosfer dengan alveolus paru-paru. (2) **Respirasi eksternal**, merupakan pertukaran gas-gas antara alveolus paru-paru dengan darah di dalam pembuluh kapiler paru-paru. Pada proses tersebut darah dalam pembuluh kapiler mengikat O_2 dari alveolus dan melepaskan CO_2 menuju alveolus. (3) **Respirasi internal**, merupakan pertukaran gas-gas antara darah di dalam pembuluh kapiler jaringan tubuh dengan sel-sel atau jaringan tubuh. Pada proses tersebut darah melepaskan O_2 dan mengikat CO_2. Di dalam sel tubuh, O_2 digunakan untuk reaksi metabolisme tubuh, selama proses ini dihasilkan energi berupa ATP dan sisa metabolisme berupa CO_2. Proses yang terjadi di dalam sel tersebut disebut dengan **respirasi seluler**. Respirasi seluler akan kamu pelajari pada jenjang pendidikan berikutnya.

1. Organ Pernapasan Manusia

Dapatkah kamu menyebutkan apa saja organ yang menyusun sistem pernapasan manusia? Sistem pernapasan manusia tersusun atas hidung, faring (tekak), laring (ruang suara), trakea (tenggorokan),

bronkus, dan paru-paru. Gambar 8.1 menunjukkan susunan organ-organ dalam sistem pernapasan. Organ penyusun sistem pernapasan tersebut dapat dikelompokkan berdasarkan struktur maupun fungsinya. Secara struktural, sistem pernapasan tersusun atas dua bagian utama. (1) Sistem pernapasan bagian atas, meliputi hidung dan faring. (2) Sistem pernapasan bagian bawah, meliputi laring, trakea, bronkus, dan paru-paru. Secara fungsional, sistem pernapasan tersusun atas dua bagian utama. (1) Zona penghubung, tersusun atas serangkaian rongga dan saluran yang saling terhubung baik di luar maupun di dalam paru-paru. Bagian penghubung, meliputi hidung, faring, laring, trakea, bronkus, dan bronkiolus. Fungsi dari bagian penghubung yaitu menyaring, menghangatkan, dan melembapkan udara serta menyalurkan udara menuju paru-paru. (2) Zona respirasi, tersusun atas jaringan dalam paru-paru yang berperan dalam pertukaran gas yaitu alveolus.

Sumber: Reece *et al.* 2010

Gambar 8.1 Sistem Pernapasan pada Manusia

a. Hidung

Hidung merupakan organ pernapasan yang langsung berhubungan dengan udara luar. Hidung dilengkapi dengan rambut-rambut hidung, selaput lendir, dan konka. Rambut-rambut hidung berfungsi untuk menyaring partikel debu atau kotoran yang masuk bersama udara. Selaput lendir sebagai perangkap benda asing yang masuk terhirup saat bernapas, misalnya debu, virus, dan bakteri. Konka mempunyai

banyak kapiler darah yang berfungsi menyamakan suhu udara yang terhirup dari luar dengan suhu tubuh atau menghangatkan udara yang masuk ke paru-paru.

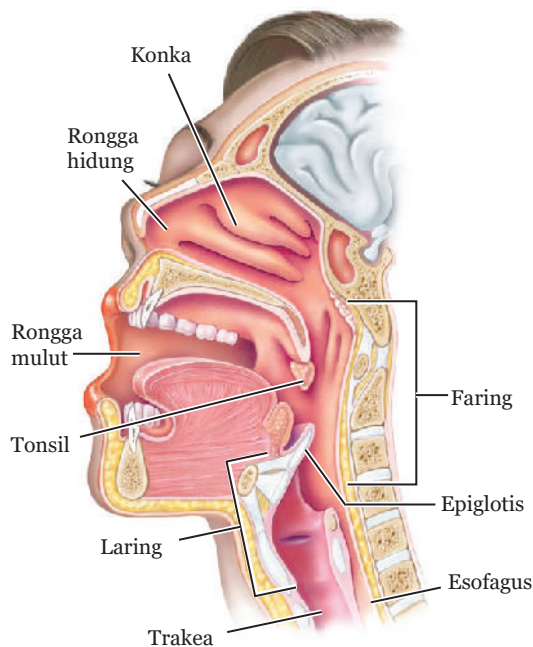
Tahukah Kamu?

Udara tersusun atas banyak sekali jenis gas. Gas yang terdapat di udara dapat berupa gas NO_2, CO_2, CO, O_2, dan SO_2. Tidak semua gas-gas tersebut baik untuk kesehatan manusia, misalnya gas karbon monoksida (CO). Gas CO dihasilkan dari proses pembakaran tidak sempurna dan terdapat pada asap kendaraan bermotor. Apabila gas CO terhirup dalam jumlah besar dapat menyebabkan kematian. Oleh karena itu, janganlah kamu menyalakan kendaraan bermotor di dalam rumah, agar gas karbon monoksida tidak banyak terhirup olehmu dan keluargamu.

Ayo, Kita Selesaikan

Setelah mengetahui fungsi dari hidung, menurutmu lebih baik menghirup udara melewati hidung ataukah melewati mulut? Jelaskan alasanmu!

b. Faring

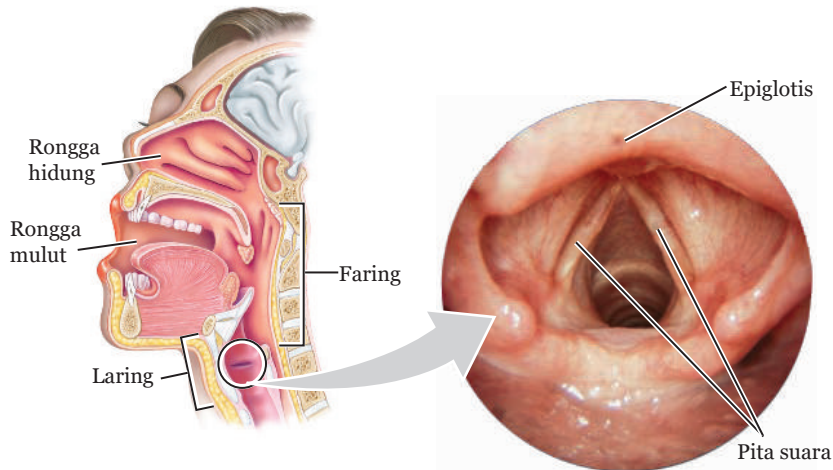
Faring merupakan organ pernapasan yang terletak di belakang (posterior) rongga hidung hingga rongga mulut dan di atas laring (superior) (Gambar 8.2). Dinding faring, tersusun atas otot rangka yang dilapisi oleh membran mukosa. Kontraksi dari otot rangka tersebut membantu dalam proses menelan makanan. Faring berfungsi sebagai jalur masuk udara dan makanan, ruang resonansi suara, serta tempat tonsil yang berpartisipasi pada reaksi kekebalan tubuh dalam melawan benda asing.

Sumber: Shier *et al.* 2012

Gambar 8.2 Struktur Organ Pernapasan: Rongga hidung, Faring, dan Laring

c. Laring

Laring atau ruang suara merupakan organ pernapasan yang menghubungkan faring dengan trakea. Di dalam laring terdapat epiglotis dan pita suara (Gambar 8.3). Epiglotis berupa katup tulang rawan yang berbentuk seperti daun dilapisi oleh sel-sel epitel, berfungsi untuk menutup laring sewaktu menelan makanan atau minuman. Apabila ada partikel kecil seperti debu, asap, makanan, atau minuman yang masuk ke dalam laring akan terjadi refleks batuk, yang berfungsi untuk mengeluarkan partikel tersebut dari laring.

Udara yang melewati laring dapat menggetarkan pita suara, sehingga dihasilkan gelombang suara. Gelombang suara ini dapat diatur untuk menghasilkan berbagai bunyi dengan cara mengatur kolom udara pada faring, rongga hidung, dan mulut. Tinggi rendahnya suara dikontrol oleh tegangan pita suara. Apabila pita suara tegang akibat tertarik oleh otot, pita suara akan bergetar lebih cepat dan dihasilkan nada suara yang tinggi. Berkurangnya tegangan pada pita suara akan menyebabkan pita suara bergetar lebih lamban, sehingga menghasilkan nada suara yang rendah. Akibat adanya hormon androgen (hormon kelamin pria), pita suara pada pria biasanya lebih tebal dan lebih panjang, sehingga

pita suara akan bergetar lebih lamban. Hal ini yang menyebabkan nada suara pria memiliki rentang nada yang lebih rendah daripada rentang nada suara wanita.

Sumber: Shier *et al*. 2012

Gambar 8.3 Struktur Pita Suara dalam Laring

c. Trakea

Udara yang telah masuk ke laring selanjutnya masuk ke trakea (batang tenggorokan). Trakea adalah saluran yang menghubungkan laring dengan bronkus. Trakea memiliki panjang sekitar 10-12 cm dengan lebar 2 cm. Dindingnya tersusun dari cincin-cincin tulang rawan dan selaput lendir yang terdiri atas jaringan epitelium bersilia. Fungsi silia pada dinding trakea untuk menyaring benda-benda asing yang masuk ke dalam saluran pernapasan.

d. Bronkus

Pada bagian paling dasar dari trakea, trakea bercabang menjadi dua. Percabangan trakea tersebut disebut dengan bronkus, masing-masing bronkus memasuki paru-paru kanan dan paru-paru kiri. Struktur bronkus hampir sama dengan trakea, tetapi lebih sempit. Bentuk tulang rawan bronkus tidak teratur, tetapi berselang-seling dengan otot polos.

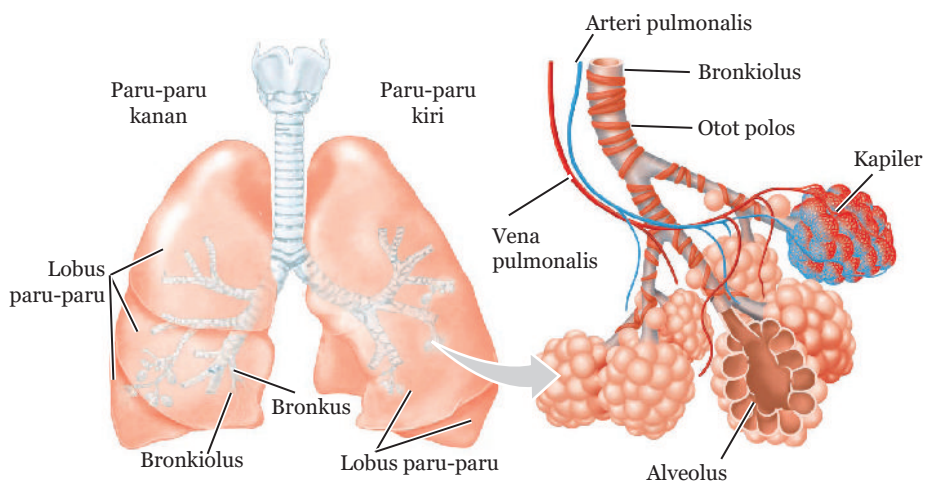
e. Bronkiolus

Di dalam paru-paru bronkus bercabang-cabang lagi. Bronkiolus merupakan cabang-cabang kecil dari bronkus. Pada ujung-ujung bronkiolus terdapat gelembung-gelembung yang sangat kecil dan berdinding tipis yang disebut alveolus (jamak = alveoli).

f. Paru-Paru

Paru-paru merupakan alat pernapasan utama. Paru-paru terbagi menjadi dua bagian, yaitu paru-paru kanan (pulmo dekster) yang terdiri atas 3 lobus dan paru-paru kiri (pulmo sinister) yang terdiri atas 2 lobus. Paru-paru dibungkus oleh selaput rangkap dua yang disebut pleura. Pleura berupa kantung tertutup yang berisi cairan limfa. Pleura berfungsi melindungi paru-paru dari gesekan saat mengembang dan mengempis. Di dalam paru-paru terdapat bagian yang berperan dalam pertukaran gas oksigen dan gas karbon dioksida yaitu alveolus.

g. Alveolus

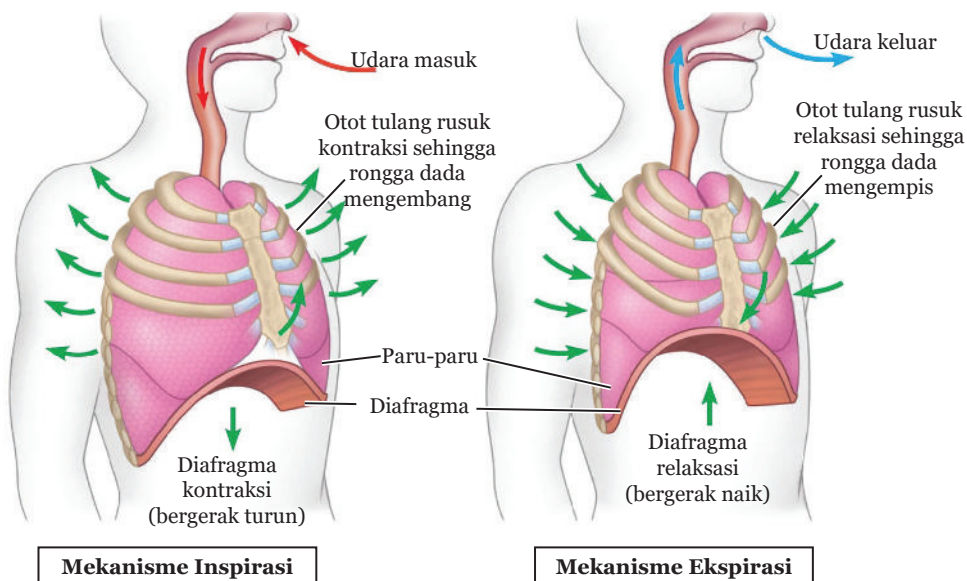
Perhatikan Gambar 8.4! Dinding alveolus tersusun atas satu lapis jaringan epitel pipih. Struktur yang demikian memudahkan molekul-molekul gas melaluinya. Dinding alveolus berbatasan dengan pembuluh kapiler darah, sehingga gas-gas dalam alveolus dapat dengan mudah mengalami pertukaran dengan gas-gas yang ada di dalam darah. Adanya gelembung-gelembung alveolus memungkinkan pertambahan luas permukaan untuk proses pertukaran gas. Luas permukaan alveolus 100 kali luas permukaan tubuh manusia. Besarnya luas permukaan seluruh alveolus dalam paru-paru menyebabkan penyerapan oksigen lebih efisien. Mekanisme pertukaran gas oksigen dan gas karbon dioksida telah kamu pelajari pada Bab 7 tentang tekanan zat dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

Sumber: Shier *et al.* 2012

Gambar 8.4 Struktur Paru-paru, Bronkus, Bronkiolus, dan Alveolus

Ayo, Kita Cari Tahu

Tahukah kamu bahwa tidur dengan posisi menghadap ke kanan, merupakan posisi tidur yang terbaik untuk kesehatan tubuh, termasuk untuk kesehatan paru-paru. Coba kamu cari tahu mengapa hal tersebut dapat terjadi!

2. Mekanisme Pernapasan Manusia

Pada saat kamu bernapas berlangsung dua mekanisme, yaitu menghirup udara (inhalasi/inspirasi) dan mengembuskan udara (ekshalasi/ekspirasi) yang melibatkan pertukaran udara antara atmosfer dengan alveolus paru-paru. Pada saat melakukan mekanisme pernapasan terjadi kerja sama antara otot dada, tulang rusuk, otot perut, dan diafragma. Diafragma adalah otot yang terdapat di antara rongga dada dan rongga perut. Perhatikan Gambar 8.5!

Sumber: Recee *et al*. 2012

Gambar 8.5 Mekanisme Pernapasan Dada dan Perut saat Inspirasi dan Ekspirasi

Pada saat inspirasi, diafragma dan otot dada berkontraksi, volume rongga dada membesar, paru-paru mengembang, dan udara masuk ke paru-paru. Pada saat ekspirasi, diafragma dan otot dada berelaksasi, volume rongga dada kembali normal, paru-paru kembali normal, dan udara keluar dari paru-paru. Satu kali pernapasan terdiri atas satu kali inspirasi dan satu kali ekspirasi. Berdasarkan aktivitas otot-otot pernapasan, bernapas dengan membesarkan dan mengecilkan volume rongga dada disebut pernapasan dada. Begitu juga jika kita membesarkan dan mengecilkan volume rongga perut, disebut pernapasan perut.

Untuk lebih memahami pernapasan dada dan pernapasan perut, ayo lakukan aktivitas berikut!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 8.2 Mengidentifikasi Mekanisme Pernapasan Dada dan Pernapasan Perut

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Letakkan tanganmu di dada.
2. Hiruplah udara dalam-dalam dengan mengembangkan dada, kemudian embuskan. Pernapasan ini disebut dengan pernapasan dada.
3. Amati bagaimana pergerakan dadamu saat kamu menghirup udara dan saat mengembuskan udara.
4. Letakkan tangan di perut.
5. Hiruplah udara dalam-dalam dengan mengembangkan perut, lalu embuskan. Pernapasan ini disebut dengan pernapasan perut.
6. Amati bagaimana pergerakan perutmu saat kamu menghirup udara dan saat mengembuskan udara.

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Pada saat kamu melakukan pernapasan dada, apa yang terjadi pada dadamu ketika kamu menghirup udara (inspirasi) dan ketika kamu mengembuskan udara (ekspirasi)?

2. Pada saat kamu melakukan pernapasan perut, apa yang terjadi pada perutmu ketika kamu menghirup udara (inspirasi) dan ketika kamu mengembuskan udara (ekspirasi)?
3. Adakah perbedaan proses yang terjadi pada pernapasan dada dan pernapasan perut? Jelaskan!

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan hasil percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa saja yang dapat kamu simpulkan?

3. Frekuensi Pernapasan

Pada bagian awal bab ini, kamu telah melakukan aktivitas menghitung frekuensi pernapasan. Ingatkah kamu berapa frekuensi pernapasanmu selama satu menit? Apakah sama dengan frekuensi pernapasan temanmu? Faktor apa saja yang memengaruhi frekuensi pernapasan seseorang? Agar mengetahuinya, ayo lakukan Aktivitas 8.3 berikut!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 8.3 Menyelidiki Faktor-faktor yang Memengaruhi Frekuensi Pernapasan

Apa yang kamu perlukan?

1. *Stopwatch* atau jam
2. Kertas dan pena

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Bekerjalah secara berkelompok. Usahakan agar dalam satu kelompok terdapat anggota laki-laki dan perempuan.
2. Lakukan perhitungan napas selama 15 detik untuk masing-masing kegiatan berikut. Lakukan masing-masing kegiatan dengan 2 kali ulangan.

Tabel 8.2 Data Perhitungan Frekuensi Pernapasan

Faktor yang Memengaruhi Frekuensi Pernapasan		Frekuensi Pernapasan		Rerata
		Ulangan 1	Ulangan 2	
Jenis Kelamin	Laki-laki			
	Perempuan			
Posisi tubuh	Berbaring			
	Duduk			
	Berdiri			
Kegiatan/ aktivitas tubuh	Duduk			
	Berjalan selama 1 menit			
	Berlari selama 1 menit			

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Berdasarkan hasil pengamatanmu, manakah yang lebih tinggi frekuensi pernapasan laki-laki atau perempuan? Menurutmu mengapa demikian?
2. Posisi tubuh manakah yang memiliki frekuensi pemapasan paling tinggi? Mengapa demikian?
3. Menurutmu apakah kegiatan tubuh memengaruhi frekuensi pemapasan? Mengapa demikian?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan hasil percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa saja yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan Aktivitas 8.3 kamu telah mengetahui bahwa ada beberapa faktor yang memengaruhi frekuensi pernapasan di antaranya adalah jenis kelamin, posisi tubuh, dan kegiatan tubuh. Selain itu ada beberapa faktor lainnya seperti umur dan suhu tubuh.

a. Umur, pada umumnya semakin bertambah umur seseorang maka semakin rendah frekuensi pernapasannya. Hal ini berhubungan erat dengan makin berkurangnya proporsi kebutuhan energinya.
b. Jenis kelamin, pada umumnya laki-laki lebih banyak bergerak sehingga lebih banyak memerlukan energi. Kebutuhan oksigen dan produksi CO_2 pada laki-laki juga lebih tinggi. Hal ini

menunjukkan bahwa proses metabolisme pada laki-laki jauh lebih tinggi daripada perempuan.

c. Suhu tubuh, semakin tinggi suhu tubuh maka semakin cepat frekuensi pernapasannya. Hal ini terjadi karena adanya peningkatan proses metabolisme di dalam tubuh, sehingga diperlukan peningkatan pemasukan oksigen dan pengeluaran CO_2.

d. Posisi tubuh, posisi tubuh sangat berpengaruh terhadap frekuensi pernapasan. Hal ini berkaitan dengan beban yang harus ditanggung oleh organ tubuh. Pada saat posisi tubuh berdiri, otot-otot kaki akan berkontraksi untuk menghasilkan tenaga yang dibutuhkan tubuh untuk tetap tegak berdiri. Sedangkan pada saat posisi tubuh duduk atau berbaring, beban berat tubuh disangga oleh sebagian besar tubuh sehingga tubuh tidak membutuhkan banyak energi, dengan demikian frekuensi pernapasannya rendah.

e. Kegiatan atau aktivitas tubuh, orang yang melakukan aktivitas memerlukan lebih banyak energi dibandingkan dengan orang yang tidak melakukan aktivitas seperti duduk santai atau tiduran. Ketika tubuh memerlukan banyak energi maka tubuh perlu lebih banyak oksigen sehingga frekuensi pernapasan meningkat.

4. Volume Pernapasan

Ketika kamu membaui harumnya parfum atau aroma kue yang lezat kamu tentu pernah menarik napas sangat dalam bukan? Pernahkah kamu berpikir berapa jumlah udara yang kamu hirup saat bernapas sangat dalam atau saat kamu bernapas biasa? Agar kamu mengetahui berapa volume pernapasanmu, ayo kita lakukan Aktivitas 8.4 berikut!

Ayo, Kita Lakukan

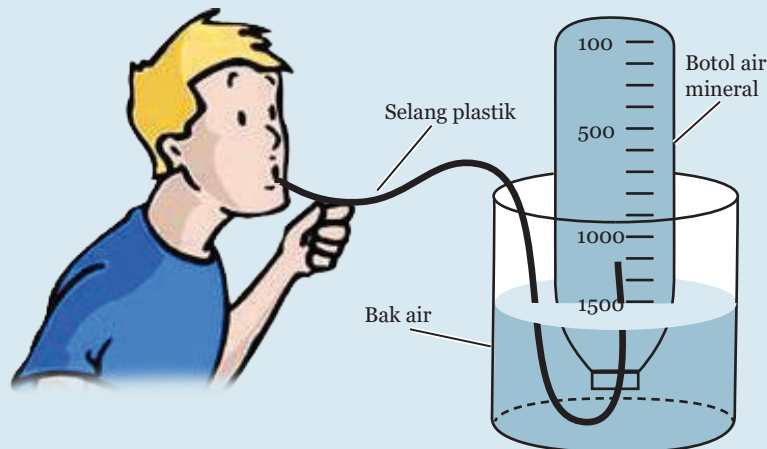
Aktivitas 8.4 Mengukur Volume Pernapasan

Apa yang kamu perlukan?

1. Air
2. Spidol permanen
3. Selang plastik berdiameter 1 cm

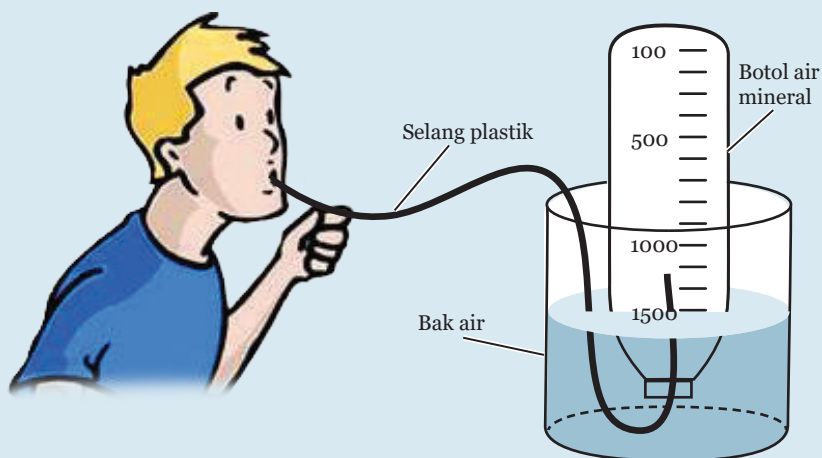
4. Gelas ukur 100 mL
5. Botol air mineral 1,5 liter
6. Bak air ukuran 5 liter

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Tandailah botol air mineral pada setiap volume 100 mL dengan menggunakan spidol, hingga volume 1.500 mL.
2. Untuk memberi tanda kamu dapat mengisi botol air mineral dengan air yang telah diukur volumenya menggunakan gelas ukur 100 mL.
3. Setelah melakukan langkah 1-2 kamu akan memiliki botol air mineral yang memiliki skala volume 100 - 1.500 mL.
4. Masukkan air hingga penuh ke dalam botol air mineral.
5. Isilah bak air hingga $\frac{1}{2}$ bagian.
6. Tutuplah mulut botol dengan rapat, lalu balikkan dan masukkan ke dalam bak berisi air dengan posisi tegak. Usahakan botol terisi air penuh dan tidak terdapat udara di dalamnya.
7. Bukalah penutup mulut botol air mineral saat sudah masuk di dalam bak air.
8. Masukkan selang ke dalam mulut botol hingga $\frac{1}{2}$ bagian botol. Perhatikan Gambar 8.6!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 8.6 Rangkaian Percobaan Pengukuran Volume Pernapasan dengan Botol Air Mineral terisi Air Penuh

9. Letakkan set percobaan di atas dengan posisi sejajar dengan mulutmu, kamu dapat meletakkannya di atas meja.
10. Masukkan ujung selang yang lain pada mulutmu.

11. Lakukan inspirasi seperti biasa melalui hidung kemudian lakukan ekspirasi melalui mulut sehingga udara yang dikeluarkan masuk ke dalam botol. Volume ini disebut volume tidal. Amati berapa volume udara yang masuk dalam botol dan catatlah volume hasil pengamatanmu pada Tabel 8.3.
12. Ulangi kembali langkah 4-9. Lalu lakukan inspirasi biasa melalui hidung, kemudian lakukan ekspirasi biasa melalui hidung pula. Setelah itu, lakukan ekspirasi secara maksimal melalui mulut sehingga udara yang dikeluarkan masuk ke dalam botol. Volume ini disebut volume cadangan ekspirasi. Amati berapa volume udara yang masuk dalam botol dan catatlah volume hasil pengamatanmu pada Tabel 8.3.
13. Keluarkan air dari botol mineral, lalu balikkan dan masukkan ke dalam bak berisi air dengan posisi tegak. Masukkan selang ke dalam mulut botol hingga $\frac{1}{2}$ bagian botol.
14. Hiruplah udara yang ada dalam botol sehingga tepat pada skala 1.500 mL. Perhatikan Gambar 8.7!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 8.7 Rangkaian Percobaan Pengukuran Volume Pernapasan dengan Botol Air Mineral terisi Udara dengan Volume 1.500 mL

15. Lakukan inspirasi secara normal melalui hidung, lalu lakukan inspirasi kembali secara maksimal melalui mulut sehingga udara dalam botol air mineral terhirup olehmu. Volume ini disebut volume cadangan inspirasi. Amati berapa volume udara yang masuk dalam botol.

16. Jumlahkan volume tidal + volume cadangan ekspirasi + volume cadangan inspirasi. Total volume ini disebut dengan kapasitas vital paru-paru. Isikan hasilnya pada Tabel 8.3.
17. Meskipun kamu telah melakukan ekspirasi secara maksimal, di dalam paru-parumu sebenarnya masih terdapat sisa udara sekitar 1.000 mL. Volume ini disebut volume residu.
18. Jumlahkan volume kapasitas vital paru-paru + volume residu. Volume ini disebut kapasitas total paru-paru. Isikan hasilnya pada Tabel 8.3.

Tabel 8.3 Volume Pernapasan Berdasar Hasil Percobaan

No	Volume Pernapasan	Volume (mL)
1	Volume tidal	
2	Volume cadangan ekspirasi	
3	Volume cadangan inspirasi	
4	Kapasitas vital paru-paru	
5	Kapasitas total paru-paru	

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan tentang volume pernapasan manusia?

Setelah melakukan Aktivitas 8.4 kamu telah mengetahui bahwa volume udara yang digunakan dalam proses pernapasan ada beberapa macam sebagai berikut.

a. Volume tidal, yaitu volume udara yang keluar masuk paru-paru saat tubuh melakukan inspirasi atau ekspirasi biasa (normal), volumenya sekitar 500 mL.
b. Volume cadangan ekspirasi, merupakan volume udara yang masih dapat dikeluarkan secara maksimal dari paru-paru setelah melakukan ekspirasi biasa. Volume cadangan ekspirasi sekitar 1.500 mL.
c. Volume cadangan inspirasi, yaitu volume udara yang masih dapat dimasukkan ke dalam paru-paru setelah melakukan inspirasi secara biasa. Volume cadangan inspirasi sekitar 1.500 mL.

d. Volume residu, yaitu volume udara yang masih tersisa di dalam paru-paru meskipun telah melakukan ekspirasi secara maksimal, volumenya sekitar 1.000 mL.
e. Kapasitas vital paru-paru, yaitu total dari volume tidal + volume cadangan ekspirasi + volume cadangan inspirasi. Kapasitas vital paru-paru sekitar 3.500 mL.
f. Kapasitas total paru-paru, yaitu volume udara yang dapat ditampung secara maksimal dalam paru-paru. Volume kapasitas total paru-paru yaitu volume kapasitas vital paru-paru + volume residu, volumenya sekitar 4.500 mL.

B. Gangguan pada Sistem Pernapasan Manusia dan Upaya untuk Mencegah atau Menanggulanginya

Ayo, Kita Pelajari

- Gangguan sistem pernapasan manusia

Istilah Penting

- Asma
- Pneumonia
- Tuberculosis (TBC)
- Faringitis
- Tonsilitis
- Influenza
- Infeksi

Mengapa Penting?

Mempelajari materi ini akan membantumu mengetahui berbagai gangguan sistem pernapasan dan dapat melakukan upaya agar tidak tertular penyakit pernapasan.

Cobalah untuk menahan napas selama ± 15 detik! Bagaimana rasanya? Tentu kamu akan merasa sesak dan ingin segera mengambil napas. Hal ini menunjukkan bahwa manusia tidak dapat hidup tanpa udara (oksigen). Bayangkan bila ada seseorang yang menderita gangguan pernapasan, pasti orang tersebut akan sangat kesulitan untuk bernapas. Ada banyak sekali gangguan yang terjadi pada sistem pernapasan. Tahukah kamu apa saja gangguan yang dapat terjadi pada sistem pernapasan? Sebelum mempelajari lebih lanjut, coba kamu diskusikan berbagai gangguan pada sistem pernapasan beserta gejalanya!

Ayo, Kita Diskusikan

Coba diskusikan dengan teman kelompokmu dan tuliskan berbagai gangguan pernapasan yang terdapat di lingkunganmu serta tuliskan pula gejala penderita gangguan pernapasan tersebut!

Tabel 8.4 Gejala Penderita Gangguan Pernapasan

No	Nama Gangguan	Gejala
1		
2		
3		
4		
5		

Setelah melakukan diskusi dengan kelompokmu, apakah ada yang menyebutkan “Infeksi Saluran Pernapasan Atas” atau “Infeksi Saluran Pernapasan Akut” (ISPA) sebagai gangguan pada sistem pernapasan? ISPA dalam bahasa Inggris disebut dengan *Upper Respiratory Tract Infection* (URI) merupakan penyakit yang diakibatkan adanya infeksi virus, bakteri, atau jamur pada sistem pernapasan bagian atas yaitu meliputi infeksi pada hidung, sinus, faring, dan laring. Beberapa jenis ISPA antara lain influenza, tosilitis, faringitis, laringitis, rhinitis, dan sinusitis. Virus, bakteri, atau jamur tersebut juga dapat menginfeksi sistem pernapasan bagian bawah yaitu meliputi trakea, brokus, dan alveolus atau dalam bahasa Inggris dikenal dengan istilah *Lower Respiratory Tract Infection*. Infeksi saluran pernapasan bagian bawah paling umum terjadi yaitu pneumonia, tuberculosis, asma, kanker paru-paru, dan bronkitis.

Sumber: wikipedia.org
Gambar 8.8 Virus Influenza

1. Influenza

Influenza merupakan penyakit yang disebabkan oleh infeksi *Influenza virus* (Gambar 8.8). Gejala umum influenza yaitu, demam dengan suhu lebih dari 39°C,

pilek, bersin-bersin, batuk, sakit kepala, sakit otot, dan rongga hidung terasa gatal. Dengan kondisi hidung tersumbat, penderita influenza akan kesulitan untuk bernapas. Virus influenza keluar dari tubuh seseorang bersamaan dengan batuk dan pilek, kemudian disebarkan melalui udara. Selain itu, virus juga dapat menular ketika seseorang menyentuh permukaan yang terkontaminasi virus, kemudian orang tersebut menyentuh mulut dan mata. Agar kamu tidak mudah tertular virus influenza, sebaiknya kamu selalu menggunakan masker ketika berkendaraan dan rajin mencuci tangan dengan menggunakan sabun sebelum makan.

Tahukah Kamu?

Berdasarkan hasil penelitian terbaru menunjukkan bahwa ada hubungan antara tingkat stres dengan penyakit influenza. Semakin tinggi tingkat stres seseorang, semakin sering dan lama pula seseorang mengalami influenza.

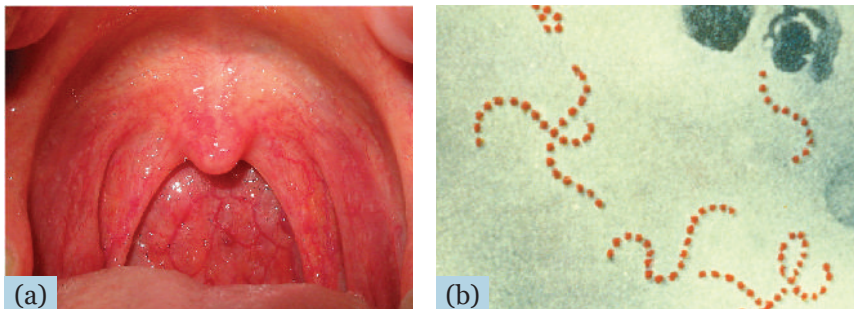
2. Tonsilitis

Secara normal, tonsil (amandel) akan menyaring virus dan bakteri yang akan masuk ke dalam tubuh bersamaan dengan makanan atau udara. Apabila daya tahan tubuh dalam kondisi lemah, virus dan bakteri akan menginfeksi tonsil sehingga dapat menyebabkan penyakit tonsilitis. Perhatikan Gambar 8.9! Gejala tonsilitis yaitu sakit tenggorokan, tonsil mengalami peradangan, batuk, sakit kepala, sakit pada bagian leher atau telinga, dan demam. Virus yang dapat menyebabkan tonsilitis yaitu *Adenovirus, Rhinovirus, Influenza,* dan *Corona virus*. Golongan bakteri yang menyebabkan tonsilitis pada umumnya bakteri *Streptococcus.*

Sumber: en.wikipedia.org

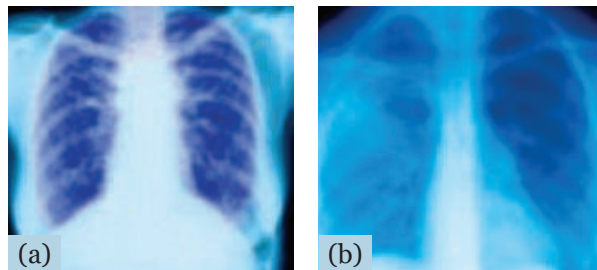
Gambar 8.9 Tonsilitis

3. Faringitis

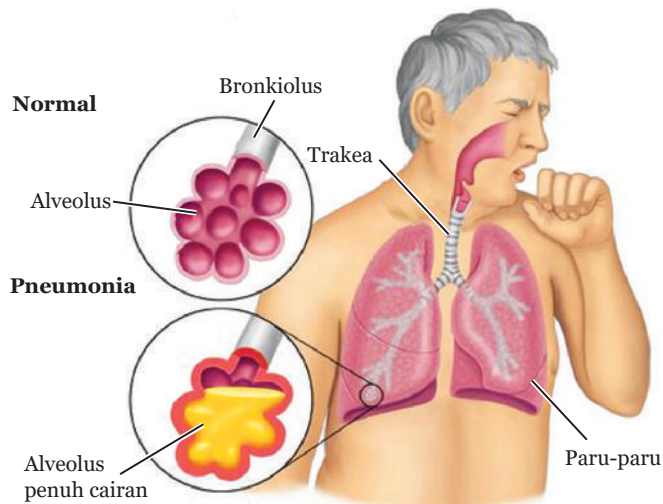
Faringitis adalah infeksi pada faring oleh kuman penyakit, seperti virus, bakteri, maupun jamur. Virus yang dapat menyebabkan faringitis misalnya, *Adenovirus, Orthomyxovirus, Rhinovirus,* dan *Coronavirus*. Banyak bakteri yang dapat menginfeksi faring, salah satunya yaitu *Streptococcus pyogenes*. Perhatikan Gambar 8.10! Selain disebabkan oleh infeksi virus, bakteri, dan jamur, faringitis juga dapat disebabkan oleh zat kimia yang dapat mengiritasi jaringan pada faring. Faringitis merupakan penyebab umum sakit tenggorokan. Orang yang menderita faringitis biasanya disertai dengan radang tonsil (amandel), yang menyebabkan rasa nyeri saat menelan makanan. Penanganan faringitis yaitu dengan memberi antibiotik dan anti-fungi untuk membunuh bakteri serta jamur yang menginfeksi faring. Selain itu, tentu harus ditambah dengan mengonsumsi makanan yang bergizi, agar sistem pertahanan tubuh menjadi lebih kuat.

Sumber: en.wikipedia.org

Gambar 8.10 (a) Faringitis, (b) Salah Satu Bakteri Penyebab Faringitis, *Streptococcus pyogenes*

4. Pneumonia

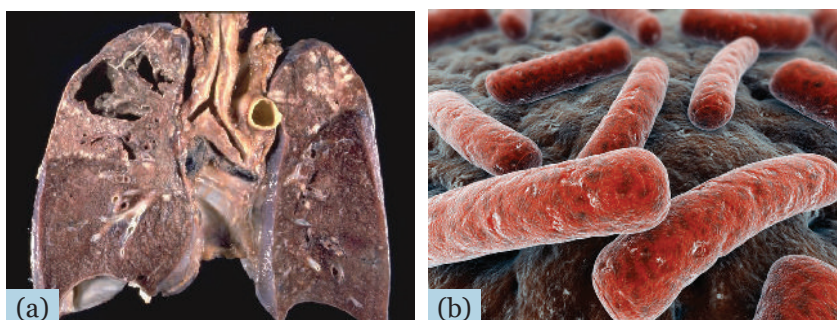
Pneumonia merupakan infeksi pada bronkiolus dan alveolus. Penyebab terjadinya pneumonia, antara lain karena infeksi dari virus, bakteri, jamur, dan parasit lainnya. Namun, umumnya disebabkan oleh bakteri *Streptococcus pneumoniae*. Pada paru-paru penderita pneumonia terdapat cairan yang kental. Cairan tersebut dapat mengganggu pertukaran gas pada paru-paru. Hal ini menyebabkan oksigen yang diserap oleh darah menjadi kurang. Perhatikan Gambar 8.11 !

Sumber: Berwald *et al*. 2007

Gambar 8.11 (a) Paru-paru Normal (b) Paru-paru Penderita Pneumonia

Gejala dari penyakit pneumonia yaitu demam, batuk berdahak, tidak enak badan, sakit pada bagian dada, dan terkadang mengalami kesulitan bernapas. Penyakit pneumonia dapat ditularkan melalui udara ketika penderita pneumonia batuk maupun bersin. Oleh karena itu, ketika kamu pergi ke rumah sakit untuk menjenguk teman atau saudara yang dirawat di rumah sakit, sebaiknya kamu menggunakan masker. Penanganan pneumonia dapat dilakukan dengan memberikan antibiotik, obat pembuat saluran napas menjadi lebar (bronkodilator), terapi oksigen, dan penyedotan cairan dalam paru-paru. Gambar 8.12 merupakan perbandingan antara alveolus orang sehat dengan alveolus penderita pneumonia.

Sumber: medicalassessmentonline.com

Gambar 8.12 Kondisi Alveolus Normal dan Alveolus Penderita Pneumonia

5. Tuberculosis (TBC)

Penyakit TBC disebabkan oleh infeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Selain menginfeksi paru-paru, bakteri ini juga dapat menginfeksi bagian lain dari tubuh. Perhatikan Gambar 8.13! Ketika bakteri tersebut masuk ke dalam paru-paru, bakteri akan menyebabkan infeksi sehingga memicu sistem imun untuk bergerak menuju area yang terinfeksi dan segera "memakan" bakteri tersebut agar tidak menyebar luas. Jika sistem imun lemah, maka bakteri dapat masuk ke dalam peredaran darah dan sistem limfa untuk menginfeksi organ lain.

Sumber:(a) radiopaedia.org, (b) louisville.edu

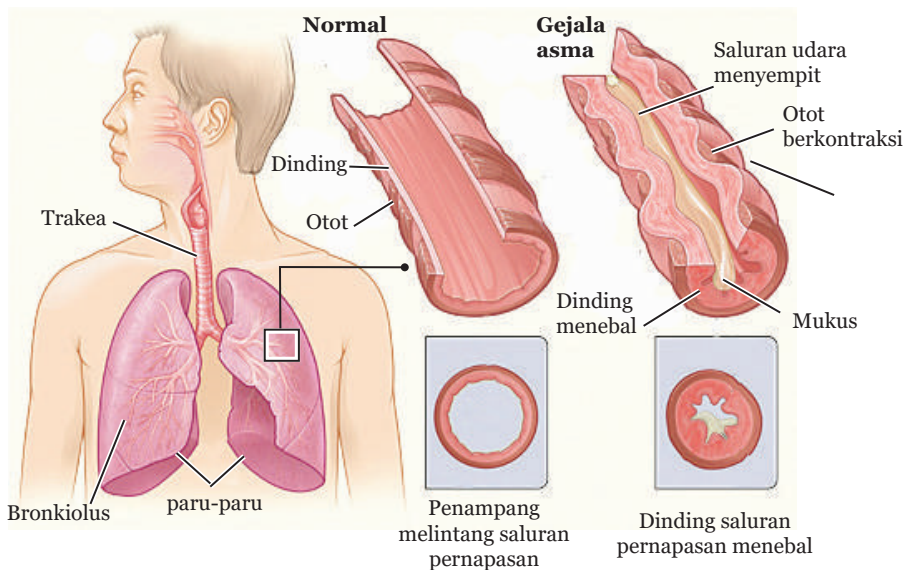
Gambar 8.13 (a) Paru-paru Penderita TBC, (b) Bakteri Penyebab Penyakit TBC, *Mycobacterium tuberculosis*

Gejala dari penyakit TBC yaitu mudah lelah, berat badan turun drastis, lesu, hilang nafsu makan, demam, berkeringat di malam hari, sulit bernapas, sakit pada bagian dada, dan batuk berdarah.

Ayo, Kita Cari Tahu

Bakteri *Mycobacterium tuberculosis* dapat menginfeksi tulang dan menyebabkan penyakit TBC tulang. Bersama kelompokmu galilah informasi lebih mendalam tentang TBC tulang, lalu presentasikanlah di depan kelas!.

6. Asma

Asma merupakan salah satu kelainan yang menyerang saluran pernapasan. Asma dapat disebabkan oleh faktor lingkungan. Faktor lingkungan yang dapat menyebabkan asma diantaranya masuknya zat pemicu alergi (alergen) dalam tubuh, misalnya asap rokok, debu, bulu hewan peliharaan, dan lain-lain. Masuknya alergen, akan memicu tubuh untuk menghasilkan senyawa kimia seperti prostaglandin dan histamin. Senyawa kimia tersebutlah yang dapat memicu penyempitan saluran pernapasan. Perhatikan Gambar 8.14!

Sumber: en.wikipedia.org

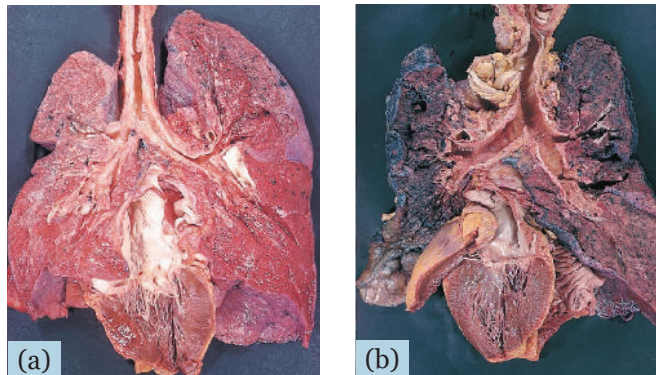
Gambar 8.14 Kondisi Bronkus Normal dan Penderita Asma

Penyempitan yang terjadi pada saluran pernapasan menyebabkan penderita kesulitan untuk menghirup cukup oksigen. Penderita asma akan mengalami batuk, napas berbunyi, napas pendek, dan sesak napas. Oleh karena itu, penderita asma harus berhati-hati, dan menghindari keadaan atau benda-benda yang dapat memicu asma.

7. Kanker Paru-paru

Kanker paru-paru (Gambar 8.15) terjadi karena pertumbuhan sel-sel yang tidak terkendali pada jaringan dalam paru-paru. Jika sel-sel tersebut tidak segera ditangani, dapat menyebar ke seluruh paru-paru

bahkan jaringan di sekitar paru-paru. Gejala orang yang menderita kanker paru-paru yaitu batuk disertai darah, berat badan berkurang drastis, napas menjadi pendek, dan sakit pada bagian dada.

Sekitar 85% kasus kanker paru-paru disebabkan oleh merokok dalam jangka waktu yang lama, sedangkan 10-15% kasus terjadi pada orang yang tidak pernah merokok. Kanker paru-paru pada orang yang tidak merokok dapat diakibatkan karena kombinasi faktor keturunan dan faktor lingkungan, misalnya menghirup debu asbes dan udara yang terpolusi, termasuk akibat menjadi perokok pasif.

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 8.15 Kanker Paru-paru

Ayo, Kita Diskusikan

Perokok pasif merupakan seseorang yang menghirup asap rokok dari orang yang sedang merokok atau orang yang terpapar asap rokok dari asap yang dikeluarkan perokok aktif. Perokok pasif memiliki risiko yang lebih tinggi dibandingkan perokok aktif. Bahkan bahaya yang harus ditanggung perokok pasif tiga sampai lima kali lipat dari bahaya perokok aktif. Mengapa demikian? Coba diskusikan bersama kelompokmu!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 8.5 Membuat Artikel tentang Dampak Kebakaran Hutan terhadap Sistem Pernapasan Manusia

Kebakaran hutan dan lahan yang melanda beberapa daerah di Indonesia ternyata memiliki dampak buruk bagi kesehatan sistem pernapasan manusia. Buatlah suatu artikel tentang dampak kebakaran hutan terhadap sistem pernapasan manusia. Kamu dapat memperoleh sumber informasi dari wawancara orang di lingkungan rumah, sekolah, ataupun mencari berbagai macam informasi dari internet atau surat kabar yang berkaitan dengan tema tersebut!

Ayo, Kita Renungkan

Tahukah kamu makhluk hidup tidak dapat hidup tanpa bernapas? Begitu pun tubuhmu, tidak dapat melakukan aktivitas tanpa adanya O_2, karena semua sel-sel dalam tubuh memerlukan O_2 untuk melakukan fungsinya. Apabila tubuh kita kekurangan O_2 maka semua organ yang ada dalam tubuh kita tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya, dan berakibat timbulnya berbagai penyakit. Coba pikirkan bagaimana jika organ pernapasanmu ada yang tidak berfungsi? Tentu tubuhmu akan kesulitan untuk bernapas dan merasa tidak nyaman. Selain itu tentu kamu harus mengeluarkan banyak uang untuk menyembuhkan organ pernapasan yang tidak berfungsi tersebut. Bersyukurlah kepada Tuhan yang telah menciptakan tubuhmu dengan sempurna dengan adanya organ-organ pernapasan yang sedemikian rumitnya melakukan proses pernapasan, sehingga dapat mencukupi kebutuhan O_2 dalam sel dan udara yang bebas kita hirup serta adanya tumbuh-tumbuhan yang menghasilkan O_2. Tuhan telah menciptakan organ pernapasan kita

dengan begitu sempurna dan bermanfaat bagi tubuh kita. Apakah kamu sudah bersyukur dan berupaya untuk menjaga kesehatan organ pernapasanmu? Coba jawablah beberapa pertanyaan berikut ini dengan memberi centang (√) pada kolom "ya" atau "tidak"!

Tabel 8.5 Pertanyaan/Pernyataan untuk Refleksi Terkait Sistem Pernapasan Manusia

No	Pertanyaan/Pernyataan	Ya	Tidak
1	Saya selalu menggunakan masker saat sakit flu		
2	Saya rajin berolahraga agar sistem pernapasan saya sehat		
3	Saya tidak setuju dengan orang yang merokok		
4	Saya tidak setuju pada pengolahan sampah dengan cara dibakar		
5	Saya suka menanam tumbuhan di sekitar rumah		

Coba kamu hitung, berapa total skormu dengan ketentuan:

- Jawaban "ya" mendapat skor 2 (dua)
- Jawaban "tidak" mendapat skor 0 (nol)

Bandingkan total skormu dengan kriteria berikut.

- Skor 0 - 3 : kamu tidak peduli pada sistem pernapasanmu.
- Skor 4 - 6 : kamu kurang peduli pada sistem pernapasanmu.
- Skor 7 - 10 : kamu peduli pada sistem pernapasanmu.

Untuk kamu yang tidak peduli atau kurang peduli terhadap sistem pernapasanmu, sebaiknya kamu terus berusaha untuk meningkatkan kepedulianmu terhadap sistem pernapasanmu.

Info Tokoh

Robert Koch

1843-1910 M

Penemu bakteri penyebab penyakit antraks, TBC, dan kolera

1860-1936 M

John. S. Haldane

Menemukan bahwa pernapasan dipengaruhi oleh konsentrasi karbon dioksida di dalam otak

1874-1949 M

Schack A. Krogh

Menemukan bahwa pembuluh kapiler sebagai tempat pertukaran oksigen dan karbon dioksida ke jaringan tubuh

1922-1987 M

Roger E.C. Altounyan

Penemu obat asma, yaitu asam kromolin. Penemuan ini dilatar-belakangi oleh penelitian terhadap tanaman *Ammi visnaga* yang telah digunakan sebagai obat relaksasi otot sejak zaman kuno di Mesir

Rangkuman

1. Respirasi adalah proses pertukaran gas yang terjadi di dalam tubuh. Ada tiga proses dasar dalam respirasi, yaitu bernapas, respirasi eksternal, dan respirasi internal.
2. Sistem pernapasan manusia tersusun atas hidung, faring (tenggorokan), laring (ruang suara), trakea (batang tenggorokan), bronkus, bronkiolus, dan paru-paru.
3. Organ penyusun sistem pernapasan tersebut dapat dikelompokkan berdasarkan struktur maupun fungsinya.
4. Secara struktural, sistem pernapasan tersusun atas dua bagian utama. (1) Sistem pernapasan bagian atas, meliputi hidung dan faring. (2) Sistem pernapasan bagian bawah, meliputi laring, trakea, bronkus, dan paru-paru.
5. Secara fungsional, sistem pernapasan tersusun atas dua bagian utama. (1) Zona penghubung, tersusun atas serangkaian rongga dan saluran yang saling terhubung baik di luar maupun di dalam paru-paru. Bagian penghubung, meliputi hidung, faring, laring, trakea, bronkus, dan bronkiolus. Fungsi dari bagian penghubung yaitu menyaring, menghangatkan, dan melembapkan udara serta menyalurkan udara menuju paru-paru. (2) Zona respirasi, tersusun atas jaringan dalam paru-paru yang berperan dalam pertukaran gas yaitu alveolus.
6. Hidung merupakan organ pernapasan yang langsung berhubungan dengan udara luar. Hidung dilengkapi dengan rambut-rambut hidung, selaput lendir, konka, dan reseptor olfaktori. Rambut-rambut hidung berfungsi untuk menyaring partikel debu atau kotoran yang masuk bersama udara. Selaput lendir sebagai perangkap benda asing yang masuk terhirup saat bernapas, misalnya debu, virus, dan bakteri. Konka mempunyai banyak kapiler darah yang berfungsi menyamakan suhu udara yang terhirup dari luar dengan suhu tubuh atau menghangatkan udara yang masuk ke paru-paru.
7. Faring merupakan organ pernapasan yang terletak di belakang (posterior) rongga hidung hingga rongga mulut dan di atas laring (superior).

8. Faring berfungsi sebagai jalur masuk udara dan makanan, ruang resonansi suara, serta tempat tonsil yang berpartisipasi pada reaksi kekebalan tubuh dalam melawan benda asing.
9. Laring atau ruang suara merupakan organ pernapasan yang menghubungkan faring dengan trakea. Di dalam laring terdapat epiglotis dan pita suara.
10. Trakea merupakan saluran yang menghubungkan laring dengan bronkus. Dinding trakea tersusun dari cincin-cincin tulang rawan dan selaput lendir yang terdiri atas jaringan epitelium bersilia. Fungsi silia pada dinding trakea untuk menyaring benda-benda asing yang masuk ke dalam saluran pernapasan.
11. Bronkus menghubungkan trakea dengan bronkiolus. Bronkiolus merupakan cabang-cabang kecil dari bronkus yang memiliki ukuran 0,5 - 1 mm.
12. Paru-paru dibungkus oleh selaput rangkap dua yang disebut pleura. Pleura berfungsi melindungi paru-paru dari gesekan saat mengembang dan mengempis. Di dalam paru-paru terdapat jaringan yang berperan dalam pertukaran gas oksigen dan gas karbon dioksida yaitu alveolus. Dinding alveolus tersusun dari satu lapis sel epitel pipih.
13. Mekanisme pernapasan dapat dibedakan menjadi pernapasan dada dan pernapasan perut. Pada pernapasan dada melibatkan kontraksi dan relaksasi otot-otot antartulang rusuk bagian luar (otot eksternal interkostalis). Pada pernapasan perut melibatkan kontraksi dan relaksasi otot diafragma.
14. Frekuensi pernapasan dipengaruhi oleh jenis kelamin, posisi tubuh, kegiatan tubuh, umur, dan suhu tubuh.
15. Volume udara yang digunakan dalam proses pernapasan dikelompokkan menjadi beberapa macam, yaitu volume tidal (500 mL), volume cadangan ekspirasi (1.500 mL), volume cadangan inspirasi (1.500 mL), volume residu (1.000 mL).
16. Ada banyak gangguan, kelainan, atau penyakit pada sistem pernapasan, antara lain asma, pneumonia, *tuberculosis* (TBC), faringitis, tonsilitis, influenza atau flu, dan kanker paru-paru.

Sistem Pernapasan Manusia

- melibatkan → **Struktur dan Fungsi Sistem Pernapasan Manusia**
  - melibatkan:
    - Organ Pernapasan Manusia
      - terdiri atas: Hidung, Faring, Laring, Trakea, Bronkus, Bronkiolus, Alveolus
    - Mekanisme Pernapasan Manusia
      - terdiri atas:
        - Pernapasan Dada — melibatkan → Otot antartulang rusuk bagian luar
        - Pernapasan Perut — melibatkan → Otot diafragma
    - Frekuensi Pernapasan
    - Volume Pernapasan
      - terdiri atas: Volume Tidal, Volume Cadangan Ekspirasi, Volume Cadangan Inspirasi, Volume Residu, Volume Vital, Volume Total
- terdapat → **Gangguan pada Sistem Pernapasan Manusia dan Upaya untuk Mencegah atau Menanggulanginya**
  - misalnya: Asma, Pneumonia, *Tuberculosis* (TBC), Faringitis, Laringitis, Influenza, Kanker Paru-paru

A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Berikut ini yang bukan merupakan fungsi hidung dalam proses pernapasan adalah ....
   A. mengatur suhu udara yang masuk ke dalam paru-paru
   B. sebagai tempat pertukaran gas oksigen dan gas karbon dioksida
   C. mengatur kelembapan udara yang masuk ke dalam paru-paru
   D. menyaring partikel debu atau kotoran yang masuk bersama udara
2. Struktur pada laring yang berfungsi untuk mencegah masuknya partikel makanan atau minuman ke dalam laring dan trakea adalah ....
   A. silia
   B. tonsil
   C. epiglotis
   D. pita suara
3. Jaringan dalam paru-paru yang berfungsi sebagai tempat pertukaran gas oksigen dan gas karbon dioksida adalah ....
   A. alveolus
   B. bronkiolus
   C. bronkus
   D. laring
4. Struktur yang berfungsi untuk melindungi paru-paru dari gesekan saat mengembang dan mengempis adalah ....
   A. pleura
   B. alveolus
   C. diafragma
   D. lobus paru-paru
5. Berikut ini merupakan aktivitas yang menyebabkan terjadinya inspirasi adalah ....
   A. relaksasinya otot-otot eksternal antartulang rusuk dan relaksasinya diafragma
   B. relaksasinya otot-otot eksternal antartulang rusuk dan berkontraksinya diafragma

C. berkontraksinya otot-otot eksternal antartulang rusuk dan relaksasinya diafragma
D. berkontraksinya otot-otot eksternal antartulang rusuk dan berkontraksinya diafragma

6. Berikut ini yang bukan merupakan faktor yang memengaruhi frekuensi pernapasan adalah ....
   A. umur
   B. jenis kelamin
   C. aktivitas tubuh
   D. suhu lingkungan

7. Berapakah volume udara residu yang terdapat dalam paru-paru?
   A. 500 mL
   B. 1.000 mL
   C. 1.500 mL
   D. 2.000 mL

8. Apakah kelainan yang disebabkan oleh menyempitnya saluran pernapasan dalam paru-paru, sehingga seseorang dapat mengalami kesulitan bernapas?
   A. asma
   B. asfiksi
   C. influenza
   D. bronkitis

9. Paru-paru seorang pasien penuh dengan cairan. Setelah dianalisis ternyata juga ditemukan bakteri *Streptococcus pneumoniae*. Pasien tersebut terserang penyakit ....
   A. asma
   B. pneumonia
   C. *tuberculosis*
   D. kanker paru-paru

10. Berikut ini merupakan upaya dalam menjaga kesehatan sistem pernapasan manusia adalah ....
   A. tidak merokok
   B. berolahraga di malam hari
   C. duduk di dekat perokok aktif
   D. saling bertukar masker yang sudah digunakan

B. Jawablah dengan benar pertanyaan berikut!

1. Jelaskan organ penyusun sistem pernapasan manusia beserta fungsinya!
2. Jelaskan mekanisme inspirasi dan ekspirasi pada sistem pernapasan manusia!
3. Sebutkan 4 gangguan atau penyakit pada sistem pernapasan manusia beserta penyebabnya!
4. Jelaskan upaya yang dapat kamu lakukan untuk menjaga sistem pernapasan kamu tetap sehat!
5. Beny adalah anak yang suka menyanyi. Suatu ketika Beny menderita demam dengan gejala pilek dan sakit tenggorokan, sehingga mengganggunya dalam bernyanyi. Struktur apa yang terganggu pada tubuh Beny? Bagaimana demam dapat memengaruhi struktur tersebut?

Ayo, Kita Kerjakan Proyek

Membuat Poster tentang Upaya dalam Menjaga Kesehatan Sistem Pernapasan pada Manusia

- **Permasalahan**

Bernapas merupakan salah satu ciri makhluk hidup. Kesehatan sistem pernapasan sangat perlu dijaga agar kita tetap dapat bernapas dengan lancar. Bagaimana upayamu dalam menjaga kesehatan sistem pernapasan?

- **Perencanaan**

1. Lakukan kegiatan ini dalam kelompok (2-3 orang per kelompok).
2. Buatlah poster tentang upaya menjaga kesehatan sistem pernapasan manusia pada kertas manila dengan ukuran A3.

- **Pelaksanaan**

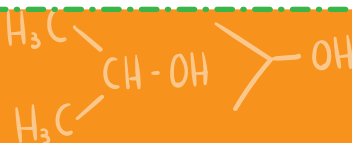
Lakukan kegiatan ini dengan mencari beberapa sumber tentang upaya menjaga kesehatan sistem pernapasan manusia. Jika kamu mengalami kesulitan, mintalah bantuan pada guru atau orangtua.

- **Penilaian**

1. Hasil poster tentang upaya menjaga kesehatan sistem pernapasan pada manusia.
2. Presentasikan hasil poster yang sudah kamu buat di depan kelas.

9 Sistem Ekskresi Manusia

Sumber: www.visihow.com

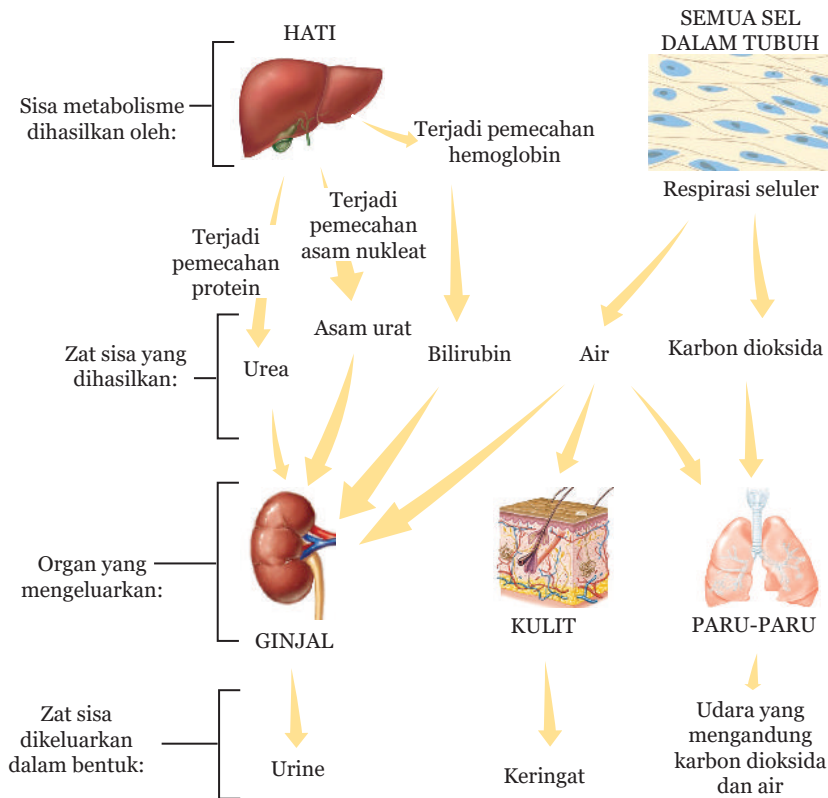
Pernahkah kamu memerhatikan tubuhmu ketika kamu selesai berolahraga? Biasanya kamu akan berkeringat dan frekuensi pernapasanmu meningkat. Pernahkah kamu berpikir mengapa tubuhmu mengeluarkan keringat? Mengapa keringat harus dikeluarkan oleh tubuh? Apakah ada zat lain yang harus dikeluarkan oleh tubuh? Bagaimana proses pengeluaran zat-zat tersebut? Agar mengetahuinya, ayo pelajari materi ini dengan saksama.

Coba kamu bayangkan ketika kamu melihat ibumu memasak, ketika kamu mencuci baju, mandi, atau memakan makanan dalam kemasan, pasti dari kegiatan tersebut dihasilkan zat sisa atau yang kita kenal dengan sampah, misalnya sampah sisa sayuran, air limbah sisa mencuci atau mandi, sisa makanan, dan sampah plastik bekas pembungkus makanan. Kalau dihitung pasti banyak sekali sampah yang menumpuk di dalam rumah jika tidak secara teratur dibuang. Sampah yang menumpuk tentu akan menjadi tempat berkembangnya berbagai penyakit. Selanjutnya, bagaimana di dalam tubuh kita? Apakah tubuh kita juga mengeluarkan zat sisa? Apa saja jenis zat sisa yang dikeluarkan tubuh kita? Apa dampaknya apabila zat sisa yang dihasilkan tubuh tidak dikeluarkan? Nah, untuk menjawab pertanyaan tersebut coba diskusikan beberapa pertanyaan berikut ini dengan temanmu!

Ayo, Kita Diskusikan

1. Apakah tubuh kita mengeluarkan zat sisa? Coba identifikasilah zat sisa yang dikeluarkan oleh tubuhmu!
2. Mengapa zat sisa yang ada di dalam tubuhmu harus dikeluarkan?
3. Bagaimana dampaknya jika zat sisa dalam tubuhmu tidak dikeluarkan?

Setelah kamu berdiskusi, sekarang kamu tahu bahwa tubuh manusia juga menghasilkan berbagai zat sisa yang sudah tidak diperlukan tubuh seperti urine, keringat, gas karbon dioksida, uap air, urea, asam urat, dan bilirubin. Berbagai zat tersebut perlu dikeluarkan karena apabila menumpuk dalam tubuh akan menimbulkan penyakit, bahkan dapat menyebabkan kematian. Misalnya saja zat sisa urine, apabila kita sering menahan pengeluaran urine (menahan kencing) akan memicu terkena penyakit batu ginjal.

Pernahkah kamu berpikir bagaimanakah proses pengeluaran urine dan zat-zat sisa yang lain tidak diperlukan oleh tubuh? Agar tubuh sehat dan seimbang harus ada pengaturan zat-zat yang diperlukan tubuh serta pengaturan pengeluaran zat-zat yang sudah tidak diperlukan oleh

tubuh. Tuhan telah melengkapi manusia dengan sistem pengeluaran zat sisa tersebut. Agar kamu dapat memahami jalur terbentuknya zat sisa dan bagian yang berperan dalam mengeluarkan zat sisa tersebut, perhatikanlah Gambar 9.1!

Sumber: Solomon & Berg, 2008

Gambar 9.1 Zat Sisa dalam Tubuh Manusia dan Organ yang Terlibat dalam Proses Pengeluaran Zat Sisa Tersebut

Seluruh sel penyusun tubuh melakukan proses respirasi seluler untuk mendapatkan energi dalam rangka melangsungkan kehidupannya. Proses respirasi seluler tersebut menghasilkan zat sisa berupa air dan karbon dioksida. Di dalam hati protein yang telah usang dipecah dan dihasilkan urea, asam nukleat dipecah dan dihasilkan asam urat, serta hemoglobin yang telah usang dipecah sehingga dihasilkan bilirubin. Urea, asam urat, bilirubin, dan air dapat dikeluarkan melalui ginjal dalam bentuk urine. Selain dikeluarkan melalui ginjal, air dapat dikeluarkan melalui kulit dalam bentuk keringat. Karbon dioksida dikeluarkan melalui paru-paru dalam bentuk udara pernapasan.

A. Struktur dan Fungsi Sistem Ekskresi pada Manusia

Ayo, Kita Pelajari

- Ginjal
- Kulit
- Paru-paru
- Hati

Istilah Penting

- Ekskresi
- Defekasi
- Sekresi
- Ginjal
- Uretra
- Ureter
- Nefron
- Kulit
- Epidermis
- Dermis
- Hati
- Paru-paru
- Alveolus

Mengapa Penting?

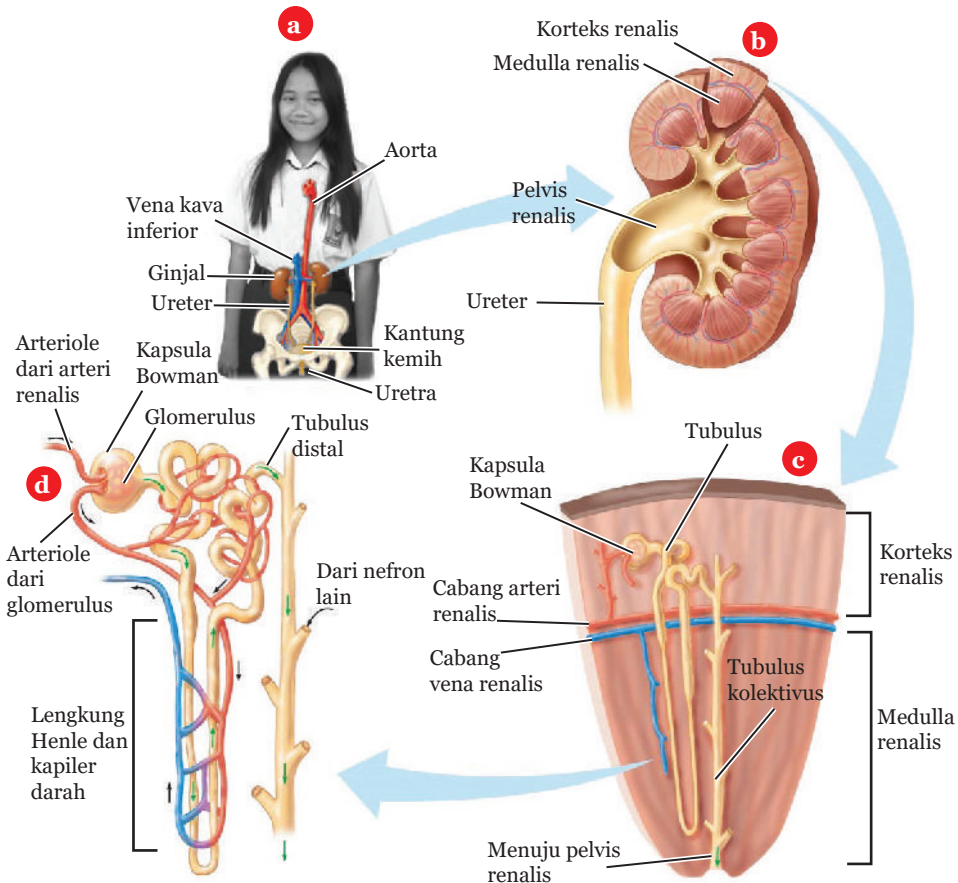
Mempelajari materi ini akan membantumu memahami sistem ekskresi manusia, sehingga kamu lebih paham bagaimana proses pembuangan zat-zat yang tidak diperlukan tubuh

Setelah kita minum, bernapas, dan berlari ternyata banyak zat yang dikeluarkan tubuh. Proses pengeluaran zat-zat sisa metabolisme yang tidak diperlukan tubuh disebut **ekskresi**. Ekskresi diperlukan tubuh agar zat sisa tersebut tidak meracuni tubuh karena dapat merusak berbagai organ dalam tubuh bahkan dapat menyebabkan kematian. Sistem ekskresi pada manusia melibatkan beberapa organ ekskresi yaitu; ginjal, kulit, paru-paru, dan hati.

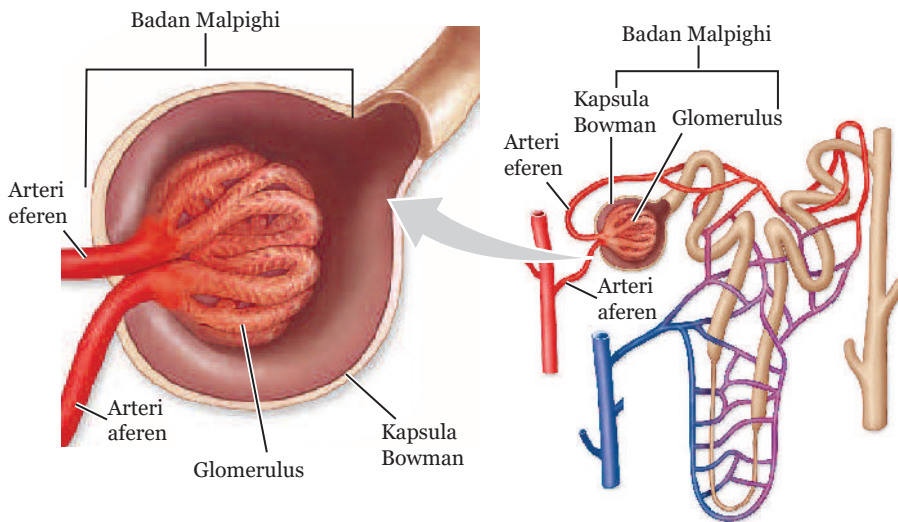
1. Ginjal

Apakah kamu mengetahui fungsi ginjal? Ginjal berfungsi untuk menyaring darah yang mengandung zat sisa metabolisme dari sel di seluruh tubuh. Ginjal terletak di kanan dan kiri tulang pinggang, yaitu di dalam rongga perut pada dinding tubuh bagian belakang (dorsal) (Gambar 9.2 a). Ginjal sebelah kiri letaknya lebih tinggi daripada ginjal sebelah kanan. Ginjal memiliki bentuk seperti biji kacang merah (Gambar 9.2 b).Ginjal berwarna merah karena banyak darah yang masuk ke dalam ginjal. Darah akan masuk ke dalam ginjal melalui pembuluh arteri besar dan akan keluar dari ginjal melalui pembuluh vena besar.

Apabila sebuah ginjal dipotong melintang, maka akan tampak tiga lapisan, seperti pada Gambar 9.2 c. Bagian luar disebut korteks renalis atau kulit ginjal, di bawahnya terdapat medula renalis, dan di

bagian dalam terdapat rongga yang disebut rongga ginjal atau pelvis renalis. Ginjal tersusun atas lebih kurang 1 juta alat penyaring yang disebut dengan nefron. Perhatikan Gambar 9.2 **d**!

Sumber: Reece *et al.* 2012

Gambar 9.2 Ginjal dan Struktur Penyusunnya

Nefron merupakan satuan struktural dan fungsional ginjal karena nefron merupakan unit penyusun utama ginjal dan unit yang berperan penting dalam proses penyaringan darah. Sebuah nefron terdiri atas sebuah komponen penyaring atau **badan Malpighi** yang dilanjutkan oleh saluran-saluran (tubulus). Setiap badan Malpighi mengandung gulungan kapiler darah yang disebut **glomerulus** yang berada dalam **kapsula Bowman**. Pada bagian inilah proses penyaringan darah dimulai. Perhatikan Gambar 9.3 agar kamu dapat melihat struktur badan Malpighi dengan lebih jelas.

Sumber: Longenbaker, 2011

Gambar 9.3. Struktur Badan Malpighi

Medula renalis (bagian tengah ginjal) tersusun atas saluran-saluran yang merupakan kelanjutan dari badan Malpighi dan saluran yang ada di bagian korteks renalis. Saluran-saluran itu adalah tubulus proksimal, lengkung Henle, tubulus distal, dan tubulus kolektivus (pengumpul) yang terdapat pada medula. **Lengkung Henle** adalah saluran ginjal yang melengkung pada daerah medula yang menghubungkan tubulus proksimal dengan tubulus distal. **Pelvis renalis** atau rongga ginjal berfungsi sebagai penampung urine sementara sebelum dikeluarkan melalui ureter. Untuk lebih memahami proses penyaringan yang terjadi di dalam ginjal, ayo kita lakukan aktivitas berikut ini.

Ayo, Kita Lakukan

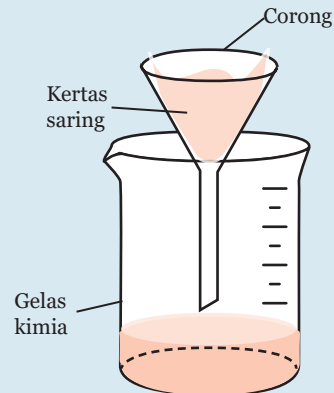
Aktivitas 9.1 Model Penyaringan Darah dalam Ginjal

Apa yang kamu perlukan?

1. 500 mL air
2. 2 mL pewarna makanan warna merah
3. 1 sendok makan tepung terigu

4. 1 buah pengaduk
5. 2 buah gelas kimia ukuran 500 mL
6. 1 buah corong
7. 1 buah kertas saring

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Sediakan 500 mL air lalu campurkan 5 tetes pewarna makanan ke dalam gelas kimia.
2. Sediakan 1 sendok tepung terigu.
3. Susunlah alat seperti pada Gambar 9.4.
4. Tuangkan secara hati-hati sebagian campuran yang telah dibuat, di atas kertas saring.
5. Amatilah hasil penyaringan yang terbentuk, bandingkan dengan larutan yang belum disaring.

Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 9.4 Perangkat Model Penyaringan Darah

Apa yang perlu kamu diskusikan?

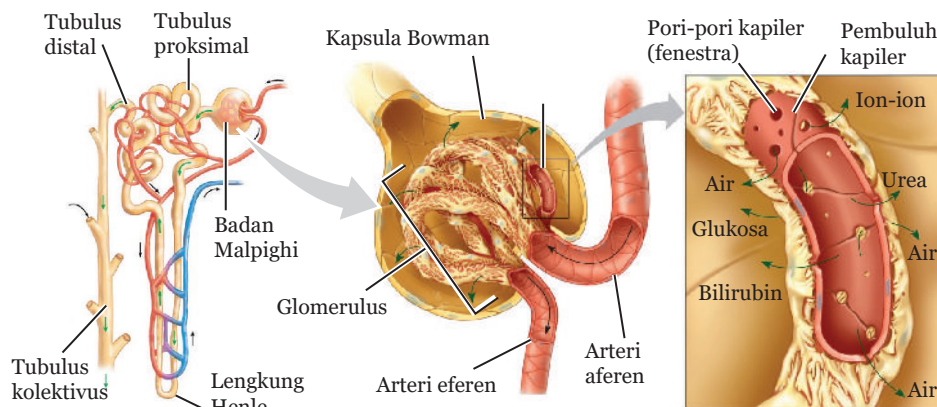
1. Bagaimana perbedaan air dari larutan hasil penyaringan dan bahan awal sebelum disaring?
2. Apa yang menyebabkan berbeda?
3. Bila rangkaian percobaan pada Gambar 9.4 diumpamakan sebagai badan Malpighi, maka:
   a. corong dan kertas saring diumpamakan sebagai bagian apakah pada badan Malpighi?
   b. gelas kimia diumpamakan sebagai bagian apakah pada badan Malpighi?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Setelah kamu melakukan Aktivitas 9.1 tentang model penyaringan darah di dalam ginjal, kamu telah mengetahui bagaimana mekanisme penyaringan zat secara sederhana sehingga memberikan sedikit gambaran tentang bagaimana proses penyaringan dalam ginjal. Tahukah kamu, bahwa proses pembentukan urine di dalam ginjal melalui tiga tahapan? Ketiga tahapan tersebut adalah tahap filtrasi, tahap reabsorpsi, dan tahap augmentasi.

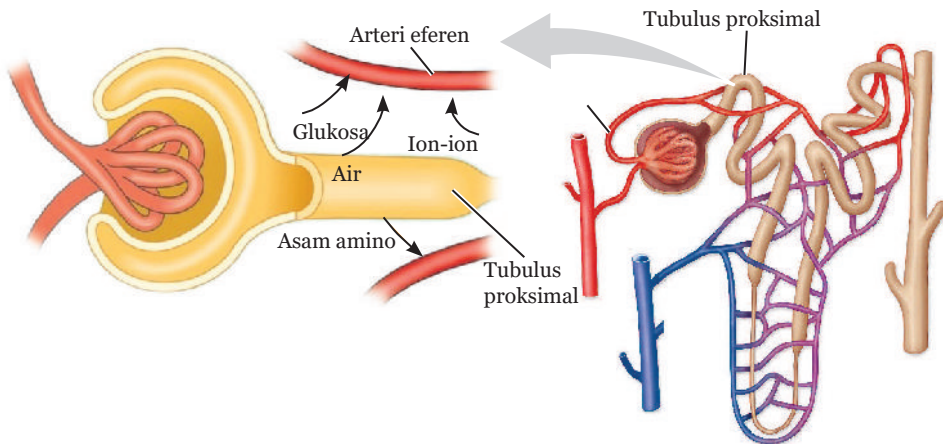
a. Tahap Filtrasi

Pembentukan urine dimulai dari darah mengalir melalui arteri aferen ginjal masuk ke dalam glomerulus yang tersusun atas kapiler-kapiler darah. Ketika darah masuk ke glomerulus, tekanan darah menjadi tinggi sehingga mendorong air dan zat-zat yang memiliki ukuran kecil keluar melalui pori-pori kapiler, dan menghasilkan filtrat. Cairan hasil penyaringan tersebut (filtrat), tersusun atas urobilin, urea, glukosa, air, asam amino, dan ion-ion seperti natrium, kalium, kalsium, dan klor. Filtrat selanjutnya disimpan sementara di dalam kapsula Bowman (Gambar 9.5). Darah dan protein tetap tinggal di dalam kapiler darah karena tidak dapat menembus pori-pori glomerulus. Filtrat yang tertampung di kapsula Bowman disebut **urine primer**. Tahapan pembentukan urine primer ini disebut tahap **filtrasi**.

Sumber: Shier *et al.*2012

Gambar 9.5 Struktur Badan Malpighi dan Proses Filtrasi

b. Tahap Reabsorpsi

Urine primer yang terbentuk pada tahap filtrasi masuk ke tubulus proksimal. Di dalam tubulus proksimal terjadi proses penyerapan kembali zat-zat yang masih diperlukan oleh tubuh

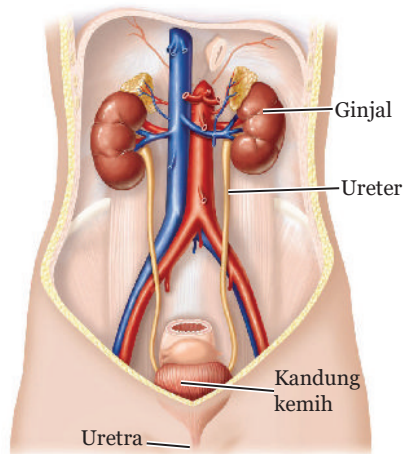
yang disebut dengan tahap **reabsorpsi**. Glukosa, asam amino, ion kalium, dan zat-zat yang masih diperlukan oleh tubuh juga diangkut ke dalam sel dan kemudian ke dalam kapiler darah di dalam ginjal. Sedangkan urea hanya sedikit yang diserap kembali (Gambar 9.6).

Sumber: Longenbaker, 2011

Gambar 9.6 Proses Reabsorpsi

Cairan yang dihasilkan dari proses reabsorpsi disebut **urine sekunder.** Urine sekunder mengandung air, garam, urea, dan urobilin. Urobilin inilah yang memberikan warna kuning pada urine, sedangkan urea yang menimbulkan bau pada urine. Urine sekunder yang terbentuk dari proses reabsorpsi selanjutnya mengalir ke lengkung Henle kemudian menuju tubulus distal. Selama mengalir dalam lengkung Henle air dalam urine sekunder juga terus direabsorpsi.

c. Tahap Augmentasi

Setelah melalui lengkung Henle, urine sekunder sampai pada tubulus distal. Pada bagian tubulus distal masih ada proses penyerapan air, ion natrium, klor, dan urea. Pada tubulus distal terjadi proses augmentasi, yaitu pengeluaran zat-zat yang tidak diperlukan tubuh ke dalam urine sekunder. Urine sekunder yang telah bercampur dengan zat-zat sisa yang tidak diperlukan tubuh inilah yang merupakan **urine sesungguhnya.** Urine tersebut kemudian disalurkan ke pelvis renalis (rongga ginjal). Urine yang terbentuk selanjutnya keluar dari ginjal melalui ureter, kemudian menuju kandung kemih yang merupakan tempat menyimpan urine sementara (Gambar 9.7). Kandung kemih memiliki dinding yang elastis. Kandung kemih mampu meregang untuk dapat menampung sekitar 0,5 L urine. Proses pengeluaran urine

dari dalam kandung kemih disebabkan oleh adanya tekanan di dalam kandung kemih. Tekanan pada kandung kemih disebabkan oleh adanya sinyal yang menunjukkan bahwa kandung kemih sudah penuh. Sinyal penuhnya kandung kemih memicu adanya kontraksi otot perut dan otot-otot kandung kemih. Akibat kontraksi ini urine dapat keluar dari tubuh melalui uretra. Agar kamu lebih mudah memahami dan mengingat bagaimana proses pembentukan urine pada ginjal, ayo lakukan aktivitas berikut ini!

Sumber: Marieb *et al*. 2013
Gambar 9.7 Sistem dalam Pembentukan Urine

Ayo, Kita Diskusikan

Proses pembentukan urine, terlihat begitu panjang dan rumit. Oleh karena itu, untuk mempermudah kamu merangkumnya, coba siapkan kertas HVS kosong dan lipat menjadi 5 bagian seperti Gambar 9.8. Pada masing-masing lipatan tulislah setiap bagian-bagian nefron ginjal, seperti badan Malpighi, tubulus proksimal, lengkung Henle, tubulus distal, dan tubulus pengumpul. Kemudian tulislah pertanyaan berikut pada setiap lipatan.

1. Peristiwa apa yang terjadi di sini?
2. Apa saja zat yang dihasilkan?
3. Disebut apakah hasil yang terbentuk?

Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 9.8 Lipatan Kertas untuk Merangkum

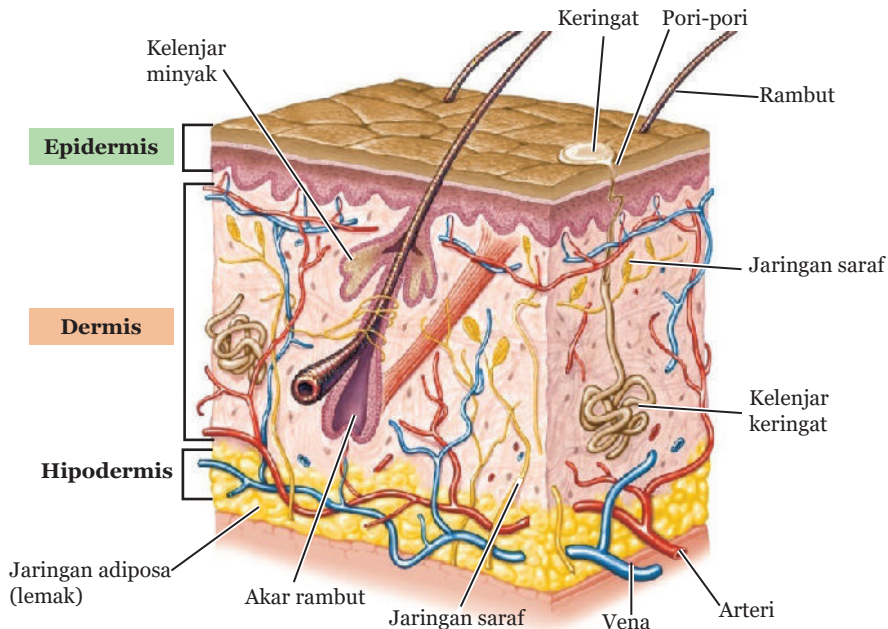
Tuliskan juga jawabanmu, kemudian warnailah lipatan yang termasuk bagian medula ginjal dan bagian korteks ginjal dengan warna yang berbeda!

2. Kulit

Ketika berolahraga kamu akan mengeluarkan keringat bukan? Perhatikan Gambar 9.9! Selain menjaga suhu tubuh, berkeringat ternyata juga berfungsi untuk mengeluarkan zat sisa metabolisme. Organ tubuh manakah yang memiliki peran dalam pembentukan keringat dan bagaimana tubuh membuat keringat? Sebagai organ ekskresi, kulit berperan dalam pembentukan dan pengeluaran keringat.

Sumber: www.aboutkidshealth.ca

Gambar 9.9 Seseorang sedang Berkeringat

Selain fungsi tersebut, kulit juga berfungsi untuk melindungi jaringan di bawahnya dari kerusakan-kerusakan fisik karena gesekan, penyinaran, berbagai jenis kuman, dan zat kimia berbahaya. Selain itu, kulit juga berfungsi untuk mengurangi kehilangan air dalam tubuh, mengatur suhu tubuh, dan menerima rangsangan dari luar. Perhatikan Gambar 9.10! Kulit terdiri atas dua lapisan utama yaitu lapisan **epidermis** (kulit ari) dan lapisan **dermis** (kulit jangat).

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 9.10 Struktur Anatomi Kulit

a. Lapisan Epidermis (Kulit Ari)

Epidermis merupakan lapisan kulit paling luar yang tersusun atas sel-sel epitel yang mengalami keratinisasi. Pada lapisan epidermis tidak terdapat pembuluh darah maupun serabut saraf. Pada lapisan epidermis, masih terdapat beberapa lapisan kulit, antara lain stratum korneum yang merupakan lapisan kulit mati dan selalu mengelupas dan lapisan stratum granulosum yang mengandung pigmen melanin. Di bawah stratum granulosum terdapat lapisan stratum germinativum yang terus menerus membentuk sel-sel baru ke arah luar menggantikan sel-sel kulit yang terkelupas.

b. Lapisan Dermis (Kulit Jangat)

Lapisan dermis terdapat dibawah lapisan epidermis. Pada lapisan dermis terdapat otot penggerak rambut, pembuluh darah, pembuluh limfa, saraf, kelenjar minyak (*glandula sebasea*), dan kelenjar keringat (*glandula sudorifera*). Kelenjar keringat berbentuk seperti pembuluh panjang. Pangkal kelenjar keringat menggulung dan berhubungan dengan kapiler darah dan serabut saraf. Serabut saraf akan meningkatkan kerja kelenjar keringat, sehingga merangsang produksi keringat. Kelenjar keringat akan menyerap air, ion-ion, NaCl, dan urea dari dalam darah yang kemudian dikeluarkan melalui pori-pori kulit.

Di bawah lapisan dermis, terdapat lapisan **hipodermis** atau lapisan **subkutan.** Lapisan hipodermis bukan merupakan bagian dari kulit, namun merupakan kumpulan jaringan ikat yang berfungsi melekatkan kulit pada otot. Lapisan hipodermis banyak tersusun atas jaringan lemak sehingga juga berfungsi menjaga suhu tubuh.

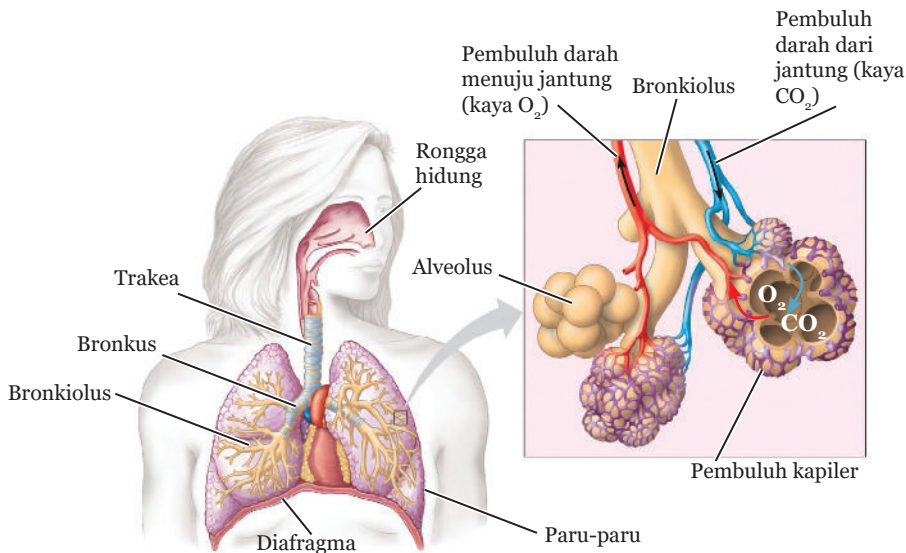
Tahukah Kamu?

Tubuh memiliki kemampuan untuk mengatur berapa banyak jumlah air yang harus dikeluarkan oleh tubuh agar jumlah air di dalam darah tetap seimbang, baik dikeluarkan dalam bentuk keringat atau dalam bentuk urine. Fungsi ini diatur oleh bagian otak yang disebut hipotalamus. Ketika hipotalamus mendeteksi bahwa di dalam darah terlalu banyak air, hipotalamus akan melepaskan sejumlah hormon yang mendorong ginjal untuk meningkatkan jumlah urine yang dikeluarkan. Begitu pula ketika suhu udara panas, hipotalamus akan mengeluarkan hormon tertentu dan memberikan sinyal pada kelenjar keringat yang terdapat di dalam kulit untuk memproduksi keringat yang lebih banyak.

Ayo, Kita Cari Tahu

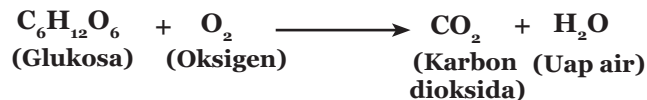
Kulit memiliki kelenjar keringat yang berfungsi mengeluarkan keringat ketika suhu udara meningkat. Menurutmu mengapa kita harus berkeringat ketika suhu udara meningkat? Pada kulit juga terdapat jaringan adiposa, apakah fungsi dari jaringan tersebut? Bagaimanakah jika dalam kulitmu tidak ada jaringan adiposa? Coba cari tahu fungsi kulit yang lainnya! Kamu dapat berdiskusi dengan teman sebangkumu atau mencari informasi di buku dan internet.

3. Paru-Paru

Pembahasan tentang organ paru-paru sudah banyak dibahas pada materi sistem pernapasan. Selain berfungsi sebagai alat pernapasan, paru-paru juga berfungsi sebagai alat ekskresi. Masih ingatkah kamu apa yang dikeluarkan paru-paru selama kita bernapas? Bagaimana pertukaran gas yang terjadi di dalam alveolus? Coba perhatikan Gambar 9.11!

Sumber: Reece *et al.* 2012

Gambar 9.11 Struktur Paru-paru pada Manusia

Oksigen yang memasuki alveolus akan berdifusi dengan cepat memasuki kapiler darah yang mengelilingi alveolus, sedangkan karbon dioksida akan berdifusi dengan arah yang sebaliknya. Darah pada alveolus akan mengikat oksigen dan mengangkutnya ke jaringan tubuh. Di dalam pembuluh kapiler jaringan tubuh, darah mengikat karbon dioksida (CO_2) untuk dikeluarkan bersama uap air. Reaksi kimia tersebut secara ringkas dapat kita tuliskan sebagai berikut.

$$\underset{\text{(Glukosa)}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{(Oksigen)}}{O_2} \longrightarrow \underset{\text{(Karbon dioksida)}}{CO_2} + \underset{\text{(Uap air)}}{H_2O}$$

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 9.2 Sisa Metabolisme yang Diekskresikan melalui Paru-Paru

Apa yang kamu perlukan?

1. 200 mL air kapur (dapat dibuat dari gamping atau dari kapur papan tulis)
2. 1 buah sedotan
3. 1 buah cermin
4. 1 buah gelas kaca

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Embuskan napasmu pada cermin, lalu amatilah apa yang terjadi pada cermin tersebut.
2. Siapkan 200 mL air kapur, lalu masukkan ke dalam gelas.
3. Siapkan sedotan, lalu tiup air kapur secara perlahan. Hati-hati jangan sampai air kapur tersedot atau terminum.
4. Amati perubahan yang terjadi pada air kapur tersebut.

Apa yang perlu kamu diskusikan?

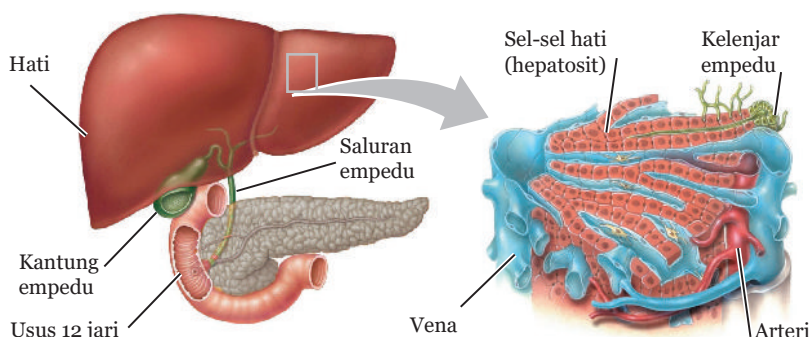
1. Ketika kamu mengembuskan napas pada cermin, apakah yang terjadi? Berdasarkan peristiwa tersebut, menurutmu apakah zat yang dikeluarkan pada saat kamu mengembuskan napas?

2. Ketika kamu mengembuskan napas pada air kapur, perubahan apakah yang terjadi pada air kapur? Menurutmu mengapa hal tersebut dapat terjadi?
3. Zat apakah yang diperlukan oleh tubuh pada saat bernapas dan zat apa yang dikeluarkan?
4. Tulislah reaksi kimia yang terjadi pada saat kita bernapas dan zat yang diekskresikan oleh paru-paru!

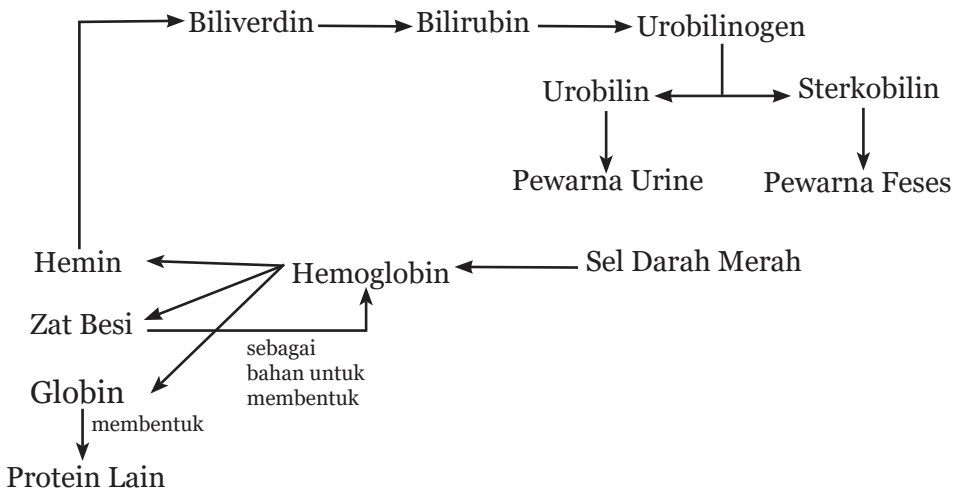
Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

4. Hati

Selain berperan dalam sistem pencernaan, hati juga berperan dalam sistem ekskresi, yaitu mengekskresikan zat warna empedu yang disebut dengan bilirubin. Masih ingatkah kamu dari mana bilirubin ini dihasilkan? Bilirubin dihasilkan dari pemecahan hemoglobin yang terdapat pada sel darah merah. Sel darah merah hanya memiliki rentang waktu hidup antara 100 - 120 hari karena sel darah merah tidak memiliki inti sel dan membran selnya selalu bergesekan dengan pembuluh kapiler darah. Karena tidak memiliki inti sel, sel darah merah tidak dapat membentuk komponen baru untuk menggantikan komponen sel yang rusak. Perhatikan Gambar 9.12!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 9.12 Struktur Anatomi Hati

Sel darah merah yang rusak akan dihancurkan oleh makrofag di dalam hati dan limpa. Hemoglobin yang terkandung dalam sel darah merah dipecah menjadi zat besi, globin, dan hemin. Zat besi selanjutnya dibawa menuju sumsum merah tulang untuk digunakan membentuk hemoglobin baru. Globin dipecah menjadi asam amino untuk digunakan dalam pembentukan`protein lain. Sedangkan hemin diubah menjadi zat warna hijau yang disebut biliverdin. Biliverdin kemudian diubah menjadi bilirubin yang merupakan zat warna kuning oranye. Bilirubin selanjutnya dikeluarkan bersama getah empedu. Getah empedu dikeluarkan ke usus dua belas jari, kemudian menuju usus besar. Di dalam usus besar bilirubin diubah menjadi urobilinogen. Urobilinogen diubah menjadi urobilin sebagai pewarna kuning pada urine dan sterkobilin sebagai pigmen cokelat pada feses. Perhatikan Gambar 9.13!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 9.13 Bagan Proses Pemecahan Sel Darah Merah

Tahukah Kamu?

Setiap hari, sel-sel hati menghasilkan 800-1.000 mL getah empedu. Getah empedu tersusun atas air, garam empedu (garam natrium dan garam kalium), lesitin, kolesterol, pigmen empedu, dan beberapa ion. Apabila getah empedu kekurangan lesitin, garam empedu, atau terlalu banyak kolesterol, maka kolesterol tersebut

akan membentuk kristal menjadi batu empedu. Jika batu empedu terus terbentuk akan menyumbat saluran empedu, sehingga getah empedu tidak dapat dikeluarkan menuju usus halus. Penanganan yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah ini yaitu dengan meminum obat pelarut batu empedu, terapi dengan gelombang ultrasonik maupun sinar laser, dan melalui operasi.

Organ hati juga berfungsi mengubah amonia (NH_3) yang berbahaya jika berada dalam tubuh, menjadi zat yang lebih aman, yaitu urea. Amonia tersebut dihasilkan dari proses metabolisme asam amino. Urea dari dalam hati akan dikeluarkan dan diangkut oleh darah menuju ginjal untuk dikeluarkan bersama urine.

Ayo, Kita Pahami

Ginjal mengeluarkan zat sisa di dalam tubuh. Zat sisa tersebut dikeluarkan dalam bentuk urine yang mengandung air, NaCl (garam), asam urat, urea, dan kreatinin. Empedu diekskresikan dari dalam hati. Keringat diekskresikan dari kulit. Keringat mengandung air, NaCl, sisa metabolisme sel, urea, dan asam. Paru-paru mengekskresikan CO_2 dan H_2O.

Ayo, Kita Pikirkan!

Tubuh manusia mensekresikan air melalui organ-organ ekskresi. Tubuh memiliki mekanisme pengaturan tersendiri untuk mengeluarkan air melalui ginjal, kulit atau paru-paru tergantung kondisi lingkungan dan aktivitas yang dilakukan. Perhatikan data tentang keluarnya air dari tubuh pada Gambar 9.14!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 9.14 Perbandingan Jumlah Air yang Keluar dari Tubuh pada Lingkungan yang Berbeda

1. Apakah penyebab utama hilangnya air pada tubuh dalam kondisi normal?
2. Mengapa pada saat melakukan olahraga atau pada cuaca yang panas tubuh kehilangan air lebih banyak melalui kulit daripada melalui ginjal?
3. Apa yang akan kamu lakukan untuk menjaga tubuh tidak dehidrasi (kekurangan air) ketika cuaca panas atau saat melakukan olahraga?

B. Gangguan pada Sistem Ekskresi Manusia dan Upaya untuk Mencegah atau Menanggulanginya

Ayo, Kita Pelajari

- Berbagai gangguan sistem ekskresi dan upaya mencegah atau menanggulanginya

Istilah Penting

- Nefritis
- Albuminaria
- Batu Ginjal
- Hematuria
- Diabetes Insipidus
- Biang keringat

Mempelajari materi ini akan membantumu mengetahui beberapa gangguan pada sistem ekskresi, sehingga kamu dapat mencegah terjadinya gangguan tersebut dan berupaya menjaga kesehatan organ-organ ekskresi.

Apakah organ ekskresimu bekerja dengan baik? Coba periksa kesehatan ginjalmu. Salah satu caranya adalah dengan melakukan kegiatan berikut.

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 9.3 Uji Kandungan Gula dan Protein dalam Urine

Apa yang kamu perlukan?

1. Urine
2. Tabung reaksi (satu tabung per sampel uji)
3. Rak tabung reaksi
4. Pipet tetes
5. Kertas label
6. Kaki Tiga
7. Pembakar spiritus
8. Penjepit tabung reaksi
9. Termometer
10. Gelas Kimia
11. Air panas
12. Reagen *Benedict*
13. Reagen *Biuret*

a. Uji Kandungan Gula dalam Urine

Reagen *Benedict* pada umumnya digunakan untuk menguji bahan makanan yang mengandung gula. Reagen ini berwarna biru jernih. Setelah sampel yang diuji ditetesi reagen *Benedict*, akan terjadi perubahan warna. Apabila sampel berubah warna menjadi biru kehijauan atau kuning berarti bahan makanan tersebut mengandung sedikit gula. Apabila berwarna merah bata berarti bahan makanan tersebut banyak mengandung gula. Reagen ini juga dapat digunakan untuk menguji apakah di dalam urine juga terkandung gula. Jika dalam urine mengandung gula, berarti ada gangguan pada kerja ginjal.

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Masukkan 40 tetes (2 mL) sampel urine ke dalam tabung reaksi, dan beri label setiap sampel. Berhati-hatilah agar urine tidak tumpah atau mengenai bajumu!
2. Tambahkan 10 tetes larutan *Benedict* pada masing-masing tabung reaksi!
3. Panaskan tabung reaksi dalam beker gelas yang berisi air bersuhu 40-50°C selama lima menit dengan menggunakan penjepit tabung reaksi. Berhati-hatilah dalam melakukan prosedur ini.
4. Perhatikan perubahan warna yang terjadi pada urine dalam tabung reaksi!
5. Pada waktu akan mematikan pembakar spiritus, janganlah ditiup! Tetapi lakukan dengan menutup pembakar spiritus dengan penutupnya.
6. Cucilah tanganmu dengan sabun segera setelah praktikum selesai.

b. Uji Kandungan Protein dalam Urine

Reagen *Biuret* pada umumnya digunakan untuk mengetahui adanya kandungan protein pada bahan makanan. Reagen *Biuret* berwarna biru, yang apabila bereaksi dengan protein akan berubah warna menjadi ungu. Reagen *Biuret* juga dapat digunakan untuk menguji keberadaan protein dalam urine.

Apa yang harus kamu lakukan ?

1. Masukkan 40 tetes (2 mL) sampel urine ke dalam tabung reaksi, dan beri label setiap sampel. Berhati-hatilah agar urine tidak tumpah atau mengenai baju!
2. Tambahkan 3 tetes reagen *Biuret* untuk masing-masing tabung! Kocok perlahan-lahan untuk mencampur!
3. Perhatikan perubahan warna yang terjadi!

Data pengamatan

Catatlah data pengamatan kamu dengan cermat dan teliti sesuai dengan hasil praktikum pada Tabel 9.1.

Tabel 9.1 Hasil Pengujian Kandungan Beberapa Zat dalam Urine

Sampel Urine dari Siswa	Warna yang Terbentuk Saat Uji Glukosa	Warna yang Terbentuk Saat Uji Protein

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Apa yang kamu ketahui tentang kandungan yang ada pada urine manusia?
2. Berdasarkan percobaan yang telah kamu lakukan, kelainan apa yang mungkin terjadi jika urine mengandung gula?
3. Berdasarkan percobaan yang telah kamu lakukan, kelainan apa yang mungkin terjadi jika urine mengandung protein?
4. Apa yang dapat kamu lakukan untuk menjaga ginjalmu tetap sehat?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan praktikum dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Setelah kamu melakukan Aktivitas 9.3, bagaimanakah kondisi ginjalmu? Mudah-mudahan ginjalmu dalam kondisi yang sehat. Apabila organ-organ ekskresi tidak kamu jaga dengan baik maka akan muncul beberapa gangguan. Berikut ini beberapa gangguan atau penyakit pada sistem ekskresi manusia.

1. Nefritis

Sumber: vet.uga.edu
Gambar 9.15 Ginjal Penderita Nefritis

Nefritis adalah penyakit rusaknya nefron, terutama pada bagian-bagian glomerulus ginjal. Nefritis disebabkan oleh infeksi bakteri *Streptococcus*. Nefritis mengakibatkan masuknya kembali asam urat dan urea ke pembuluh darah (uremia) serta adanya penimbunan air di kaki karena reabsorpsi air yang terganggu (edema). Upaya penanganan nefritis adalah dengan proses cuci darah atau pencangkokan ginjal. Perhatikan Gambar 9.15!

2. Batu Ginjal

Sumber: vet.uga.edu
Gambar 9.16 Kristal (Batu) dalam Ginjal

Batu ginjal adalah gangguan yang terjadi akibat terbentuknya endapan garam kalsium di dalam rongga ginjal (pelvis renalis), saluran ginjal, atau kandung kemih. Batu ginjal berbentuk kristal yang tidak dapat larut. Kandungan batu ginjal adalah kalsium oksalat, asam urat, dan kristal kalsium fosfat. Endapan ini terbentuk jika seseorang terlalu banyak mengonsumsi garam mineral dan kekurangan minum air serta sering menahan kencing. Upaya mencegah terbentuknya batu ginjal adalah dengan meminum cukup air putih setiap hari, membatasi konsumsi garam karena kandungan natrium yang tinggi pada garam dapat memicu terbentuknya batu ginjal, serta tidak sering menahaan kencing. Batu ginjal yang kecil dapat saja keluar melalui urine, tetapi seringkali menyebabkan rasa sakit. Batu ginjal berukuran besar memerlukan operasi untuk mengeluarkannya. Perhatikan Gambar 9.16!

Tahukah Kamu?

Tahukah kamu bahwa vitamin C dengan dosis tinggi akan meningkatkan risiko batu ginjal, karena sebagian vitamin C yang tidak diserap tubuh akan dikeluarkan melalui urine sebagai oksalat.

Oksalat adalah salah satu komponen pembentuk batu ginjal. Oleh karena itu, jumlah vitamin C yang masuk dalam tubuh harus sesuai dengan kebutuhan.

3. Albuminuria

Albuminuria merupakan penyakit yang terjadi akibat adanya kerusakan pada glomerulus yang berperan dalam proses filtrasi, sehingga pada urine ditemukan adanya protein. Albuminuria dapat terjadi akibat kurangnya asupan air ke dalam tubuh sehingga memperberat kerja ginjal, mengonsumsi terlalu banyak protein, kalsium, dan vitamin C dapat membuat glomerulus harus bekerja lebih keras sehingga meningkatkan risiko kerusakannya. Upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah albuminuria adalah dengan mengatur jumlah garam dan protein yang dikonsumsi, serta pola hidup sehat untuk mengatur keseimbangan gizi.

4. Hematuria

Hematuria merupakan penyakit yang ditandai dengan adanya sel-sel darah merah pada urine. Hal ini disebabkan penyakit pada saluran kemih akibat gesekan dengan batu ginjal. Hematuria juga dapat disebabkan oleh adanya infeksi bakteri pada saluran kemih. Upaya pencegahan hematuria dapat dilakukan dengan segera buang air kecil ketika ingin buang air kecil, membersihkan tempat keluarnya urine dari arah depan ke belakang untuk menghindari masuknya bakteri dari dubur, serta banyak minum air putih. Ketika seseorang sakit hematuria, maka penanganan yang diberikan adalah dengan memberi antibiotik untuk membersihkan infeksi bakteri pada saluran kemih.

5. Diabetes Insipidus

Penyakit ini disebabkan karena seseorang kekurangan hormon ADH atau hormon antidiuretik. Kondisi tersebut menyebabkan tubuh tidak dapat menyerap air yang masuk ke dalam tubuh, sehingga penderita akan sering buang air kecil secara terus menerus. Upaya penanganan

penderita diabetes insipidus adalah dengan memberikan suntikan hormon antidiuretik sehingga dapat mempertahankan pengeluaran urine secara normal.

6. Kanker Ginjal

Merupakan penyakit yang timbul akibat pertumbuhan sel pada ginjal yang tidak terkontrol di sepanjang tubulus dalam ginjal. Hal ini dapat menyebabkan adanya darah pada urine, kerusakan ginjal, dan juga dapat memengaruhi kerja organ lainnya jika kanker ini menyebar, sehingga dapat menyebabkan kematian. Upaya pencegahan yang dapat dilakukan adalah dengan menghindari penggunaan bahan-bahan kimia yang memicu kanker.

Ayo, Kita Pahami

Mesin dialisis merupakan mesin yang bekerja seperti ginjal yang akan membersihkan darah dengan cara difusi sederhana. Jika mesin ini dinyalakan, darah yang penuh dengan sisa metabolisme akan mengalir di sepanjang pipa yang kosong. Setelah darah memenuhi pipa, sisa metabolisme mengalami difusi ke dalam larutan yang tersedia dalam pipa tersebut. Setelah darah disirkulasikan beberapa kali di sepanjang mesin dan arteri tubuh, maka darah pasien akan menjadi bersih dari sisa metabolisme. Selama proses pencucian, darah pasien ditambahkan dengan zat anti penggumpalan.

Tahukah Kamu?

Dialisis atau cuci darah merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan ketika ginjal tidak dapat berfungsi dengan baik, namun cara tersebut memiliki kekurangan di antaranya adalah penderita kerusakan ginjal harus terus menerus melakukan dialisis selama periode waktu tertentu. Oleh karena itu sekitar tahun 1900 para dokter dan ilmuwan mulai melakukan cara lain yang dianggap lebih efektif yaitu dengan cara transplantasi ginjal.

Transplantasi ginjal merupakan operasi yang dilakukan dengan cara memberikan ginjal yang sehat dari orang lain (donor) kepada pasien yang menderita kerusakan ginjal. Transplantasi ginjal juga memiliki risiko seperti penolakan tubuh terhadap organ ginjal yang diberikan. Oleh karena itu penderita kerusakan ginjal yang telah mendapatkan transplantasi ginjal harus mengonsumsi obat tertentu untuk mencegah reaksi penolakan tubuh terhadap organ baru yang ditransplantasikan.

7. Jerawat

Jerawat atau *acne vulgaris* (Gambar 9.17) merupakan suatu kondisi kulit yang ditandai dengan terjadinya penyumbatan dan peradangan pada kelenjar sebasea (kelenjar minyak). Jerawat dapat timbul karena kurangnya menjaga kebersihan kulit sehingga berpotensi terjadi penumpukan kotoran dan kulit mati. Faktor hormonal yang merangsang kelenjar minyak pada kulit, penggunaan kosmetik yang berlebihan dan mengandung minyak dapat berpotensi menyumbat pori-pori. Konsumsi makanan berlemak secara berlebihan juga dapat menimbulkan jerawat. Jerawat pada umumnya dapat muncul pada wajah, leher, atau punggung. Upaya pencegahan yang dapat dilakukan adalah dengan membersihkan wajah secara rutin, menghindari makanan berlemak, dan lebih banyak mengonsumsi buah-buahan, serta menjaga aktivitas tubuh.

Sumber: vet.uga.edu

Gambar 9.17 Jerawat

8. Biang Keringat

Biang keringat terjadi karena kelenjar keringat tersumbat oleh sel-sel kulit mati yang tidak dapat terbuang secara sempurna. Perhatikan Gambar 9.18! Keringat yang terperangkap tersebut menyebabkan timbulnya bintik-bintik kemerahan yang disertai gatal. Sel-sel kulit mati, debu, dan kosmetik juga dapat menyebabkan terjadinya biang keringat. Orang yang tinggal di daerah tropis dan lembap, akan lebih

mudah terkena biang keringat. Biasanya, anggota badan yang terkena biang keringat adalah leher, punggung, dan dada. Biang keringat dapat mengenai siapa saja, baik anak-anak, remaja, ataupun orang tua. Upaya pencegahan yang dilakukan adalah dengan menjaga kebersihan kulit, menggunakan pakaian yang menyerap keringat dan longgar, atau apabila kulit berkeringat segera keringkan dengan tisu atau handuk. Apabila terkena biang keringat maka dapat diobati dengan memberi bedak atau salep yang dapat mengurangi rasa gatal.

Sumber: surabayanews.co.id

Gambar 9.18 Biang Keringat

Sekarang kamu sudah mengetahui bagaimana pengaturan yang terjadi di dalam tubuh kita untuk mengeluarkan zat-zat sisa yang beracun bagi tubuh. Proses pembuangan zat-zat sisa metabolisme ini dibantu oleh organ hati, ginjal, paru-paru, dan kulit. Menjaga kesehatan organ pada sistem ekskresi sangat penting agar tubuh tetap dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Oleh karena itu, pola hidup yang sehat harus mulai kamu terapkan sedini mungkin. Beberapa upaya yang dapat dilakukan antara lain dengan mengatur pola makan yang seimbang, banyak minum air putih minimal 2 liter sehari, olahraga teratur, serta tidak menunda untuk buang air kecil. Berdasarkan beberapa upaya tersebut, kamu harus tahu mengapa hal tersebut dapat mencegah terjadinya gangguan pada sistem ekskresi. Oleh karena itu, coba cari tahu alasannya dengan melakukan kegiatan berikut.

Ayo, Kita Cari Tahu

Berikut ini adalah beberapa upaya untuk menjaga kesehatan sistem ekskresi. Berdasarkan pemahamanmu tentang bagaimana sistem ekskresi bekerja coba berikan alasan logis mengapa beberapa hal berikut ini dapat menjaga kesehatan organ ekskresi!

Tabel 9.2 Upaya Menjaga Sistem Ekskresi

No	Upaya Menjaga Sistem Ekskresi	Alasan
1	Mengatur pola makan yang seimbang	
2	Minum air minimal 2 liter per hari	
3	Olahraga teratur	
4	Tidak menunda buang air kecil	

Ayo, Kita Renungkan

Pernahkah kamu melihat timbunan sampah dan asap yang keluar dari cerobong di pabrik-pabrik atau dari knalpot kendaraan bermotor? Dari manakah asalnya barang-barang atau zat-zat sisa tersebut? Sampah atau zat sisa tersebut berasal dari berbagai kegiatan, baik kegiatan rumah tangga, produksi di pabrik, atau mesin untuk menghasilkan tenaga agar kendaraan bermotor dapat bergerak. Lalu bagaimana dengan tubuhmu sendiri, setelah beraktivitas seharian apakah kamu menghasilkan zat sisa yang harus dikeluarkan? Tentu saja ada, zat sisa tersebut harus dikeluarkan karena akan berbahaya jika terus disimpan di dalam tubuh. Bersyukurlah kepada Tuhan yang telah menciptakan tubuhmu dengan sempurna, sehingga bahan-bahan yang tidak diperlukan bagi tubuh dapat dikeluarkan melalui sistem ekskresi. Zat sisa dari tubuhmu akan dikeluarkan dalam bentuk urine, keringat, dan gas karbon dioksida. Begitu pentingnya sistem ekskresi bagi tubuh kita oleh karena itu,apakah kamu sudah berupaya menjaga kesehatannya? Coba jawablah beberapa pertanyaan berikut ini dengan memberi centang (√) pada kolom "ya" atau "tidak"!

Tabel 9.3 Pertanyaan/Pernyataan untuk Refleksi Terkait Sistem Ekskresi Manusia

No	Pertanyaan	Ya	Tidak
1	Apakah kamu berolahraga secara teratur?		
2	Apakah kamu menghindari mengonsumsi minuman kemasan atau minuman bersoda?		

No	Pertanyaan	Ya	Tidak
3	Apakah kamu minum air putih minimal 8 gelas setiap hari?		
4	Apakah kamu rajin mandi untuk membersihkan tubuhmu minimal 2 kali dalam sehari?		
5	Apakah kamu segera buang air kecil di kamar mandi jika kamu merasa ingin buang air kecil?		

Coba kamu hitung, berapa total skormu dengan ketentuan:

- Jawaban "ya" mendapat skor 2 (dua)
- Jawaban "tidak" mendapat skor 0 (nol)

Bandingkan total skormu dengan kriteria berikut.

- Skor 0 - 3 : berarti kamu tidak peduli terhadap sistem ekskresimu.
- Skor 4 - 6 : berarti kamu kurang peduli terhadap sistem ekskresimu.
- Skor 7 - 10 : berarti kamu peduli terhadap sistem ekskresimu.

Untuk kamu yang tidak peduli dan kurang peduli, sebaiknya kamu terus berusaha untuk meningkatkan kepedulianmu terhadap sistem ekskresimu.

Info Tokoh

936-1013 M

Al-Zahrawi

Menemukan sebuah pisau untuk operasi batu ginjal di dalam kandung kemih, dan mampu mengurangi angka kematian yang disebabkan oleh operasi yang gagal sebelumnya

1628-1694 M

Marcello Malpighi

Menemukan struktur anatomi lapisan kulit. Namanya digunakan untuk suatu lapisan pada kulit, yaitu lapisan Malpighi

1816-1892 M

William Bowman

Menemukan bagaimana mekanisme penyaringan di ginjal yang menghasilkan urine dan menemukan struktur ginjal yang disebut Simpai Bowman

1911 -2009 M

Willem Kolff

Menemukan mesin dialisis ginjal

1917-1984 M

John P. Merrill

Menemukan prosedur transplantasi ginjal dan berhasil mentransplantasikan salah satu ginjal dari dua orang kembar identik

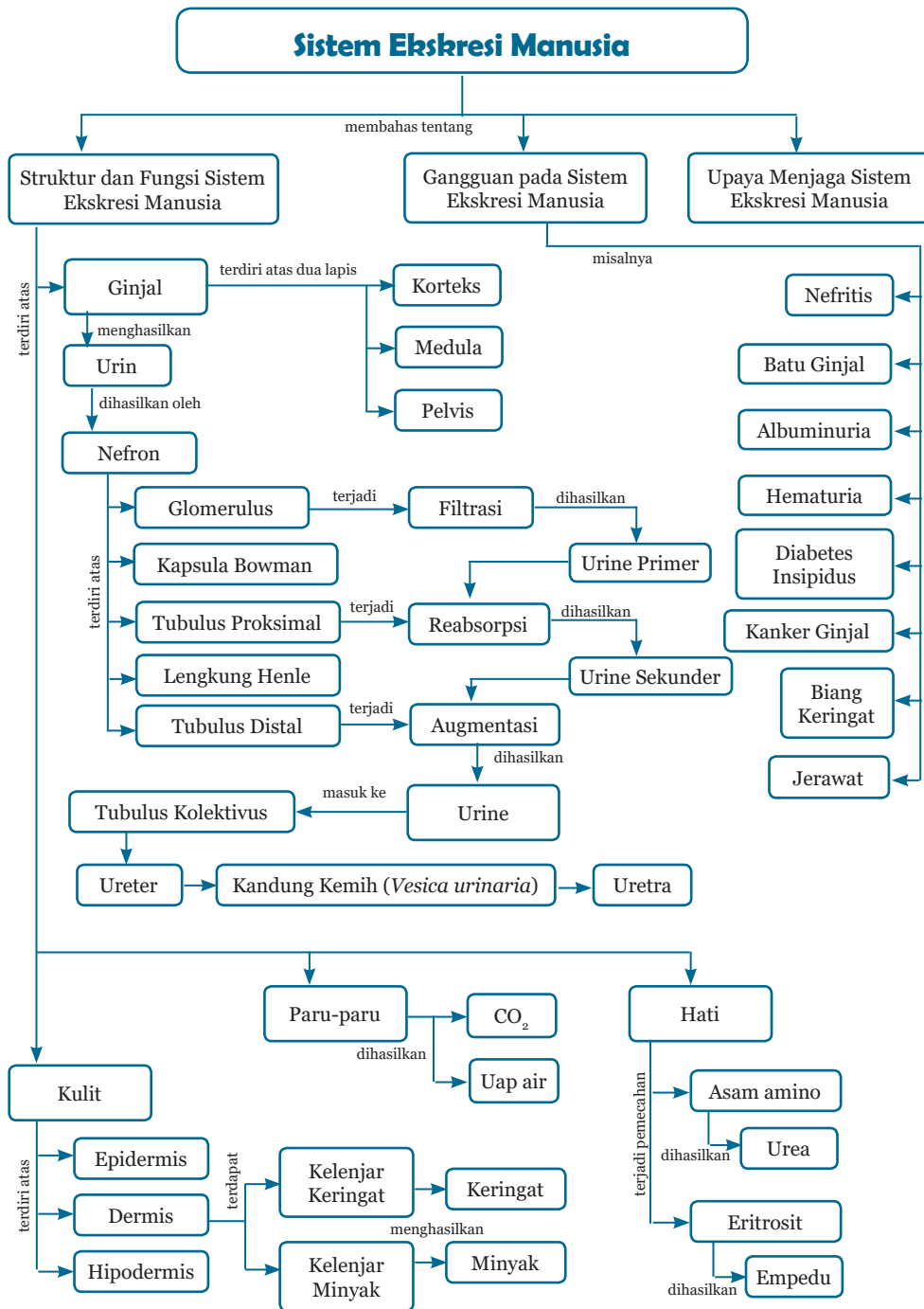
1930-1981 M

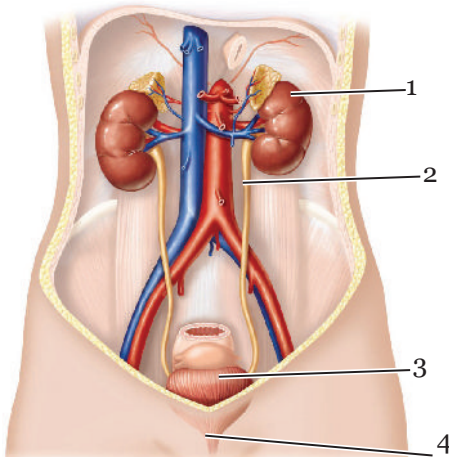
Samuel L. Kountz

Berhasil melakukan transplantasi ginjal dari dua orang yang tidak kembar dan menemukan obat yang dapat mengatasi penolakan transplantasi

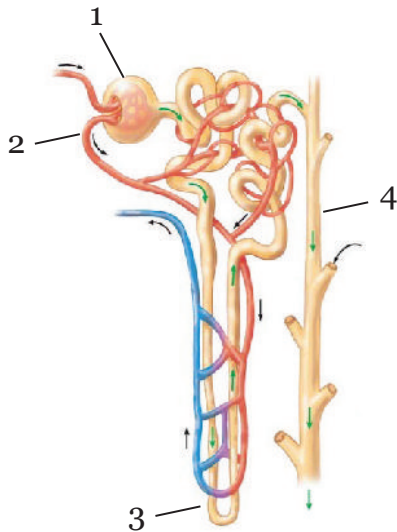
Rangkuman

1. Sistem ekskresi merupakan kemampuan untuk menjaga keseimbangan tubuh dengan cara membuang bahan-bahan sisa metabolisme yang dikeluarkan oleh sel.
2. Organ ekskresi pada manusia terdiri atas empat organ, yaitu ginjal, kulit, paru-paru, dan hati.
3. Ginjal merupakan organ ekskresi yang memiliki peran sangat penting karena membuang sisa metabolisme dalam jumlah besar melalui urine. Proses ginjal menghasilkan urine meliputi 3 tahapan utama, yaitu filtrasi, reabsorpsi, dan augmentasi.
4. Kulit merupakan organ ekskresi yang mengeluarkan bahan yang hampir sama dengan ginjal, yakni sampah nitrogen berupa urea dalam bentuk keringat.
5. Paru-paru merupakan organ ekskresi yang mengeluarkan sisa metabolisme berupa CO_2 dan H_2O.
6. Hati merupakan organ ekskresi yang memiliki kemampuan menetralisir racun dan menghasilkan getah empedu. Hati memiliki peran dalam mengubah NH_3 (amonia) menjadi urea yang nantinya akan dibuang melalui kulit dan ginjal.
7. Gangguan sistem ekskresi yang sering terjadi pada ginjal, antara lain nefritis, albuminuria, batu ginjal, hematuria, kanker ginjal, diabetes insipidus, dan biang keringat.
8. Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk menjaga kesehatan sistem ekskresi antara lain mengatur pola makan yang seimbang, banyak minum air putih minimal 2 liter sehari, olahraga teratur, serta tidak menunda untuk buang air kecil.

Bagan Konsep

A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Berikut ini yang tidak termasuk alat ekskresi adalah ....
   A. hati
   B. kulit
   C. ginjal
   D. usus besar
2. Pernyataan berikut ini yang tidak berhubungan dengan sistem pengeluaran manusia adalah ....
   A. ginjal menghasilkan urine
   B. kulit menghasilkan keringat
   C. pankreas menghasilkan enzim amilase
   D. bagian kulit yang berperan sebagai alat ekskresi adalah kelenjar keringat
3. Perhatikan gambar di bawah ini!

Sumber: Marieb *et al.* 2013

   Tempat untuk menampung urine sebelum dikeluarkan dari tubuh ditunjukkan oleh nomor ....
   A. 1
   B. 2
   C. 3
   D. 4

4. Perhatikan gambar di bawah ini!

Sumber: Reece *et al.* 2012

Bagian yang berperan dalam proses pembentukan urine primer adalah ....
A. 1
B. 2
C. 3
D. 4

5. Sisa penyaringan pada proses filtrasi menghasilkan urine yang masih mengandung zat yang berguna bagi tubuh. Berikut ini yang bukan merupakan zat yang terdapat pada urine hasil proses filtrasi adalah ....
A. glukosa
B. asam amino
C. sel darah merah
D. garam-garam mineral

6. Sisa metabolisme yang dikeluarkan melalui paru-paru adalah ....
A. urea dan uap air
B. garam dapur dan air
C. asam amino dan amonia
D. karbon dioksida dan uap air

7. Zat berikut yang tidak dihasilkan oleh hati adalah ....
A. urea
B. glukosa

C. bilirubin
D. getah empedu

8. Kulit berfungsi sebagai alat ekskresi karena ....
   A. melindungi tubuh dari kuman
   B. mempunyai kelenjar keringat
   C. mempunyai ujung saraf reseptor
   D. melindungi tubuh dari cahaya matahari
9. Adanya batu ginjal di dalam rongga ginjal dapat menimbulkan ....
   A. nefritis
   B. hematuria
   C. hidronefrosis
   D. diabetes insipidus
10. Bila kadar glukosa dalam urine 1,5%, kemungkinan orang tersebut menderita ....
    A. gagal ginjal
    B. penyakit diabetes mellitus
    C. penyakit diabetes insipidus
    D. peradangan kandung kemih

B. Jawablah dengan benar pertanyaan berikut!

1. Sebutkan macam-macam organ yang berperan sebagai alat ekskresi pada manusia dan zat yang diekskresikan atau yang dikeluarkan!
2. Pembentukan urine terjadi di dalam ginjal, isilah tabel di bawah ini untuk menjelaskan proses pembentukan urine yang terjadi di dalam ginjal!

Proses	Tempat	Bahan	Hasil
1			
2			
3			

3. Mengapa bila kita berada dalam kondisi yang panas tubuh mengeluarkan banyak keringat, sangat berbeda ketika kita berada pada tempat dengan suhu dingin?
4. Pada suatu pemeriksaan laboratorium, diuji urine seorang pasien ternyata ketika diuji dengan menggunakan indikator *Benedict* menunjukkan reaksi warna menjadi merah bata, dan ketika diuji dengan indikator *Biuret* menunjukkan reaksi warna ungu,

berdasarkan hal tersebut analisislah penyakit yang terjangkit oleh pasien dan bagian ginjal manakah yang mengalami gangguan?

5. Sebutkan 3 macam pola hidup untuk menjaga kesehatan sistem ekskresi!

Ayo, Kita Kerjakan Proyek

Menyelidiki Gangguan dan Penyakit pada Sistem Ekskresi serta Upaya Menjaga Kesehatan Sistem Ekskresi

- **Permasalahan**

Kesehatan alat-alat ekskresi begitu penting untuk dijaga, namun ada beberapa gangguan pada alat ekskresi jika kita tidak dapat menjaganya dengan baik. Seperti yang telah kamu ketahui ada beberapa gangguan pada alat ekskresi, agar lebih mengetahui tentang suatu gangguan alat ekskresi lebih mendalam, coba lakukan wawancara dengan tenaga kesehatan di daerah sekitarmu! Kamu dapat pergi ke Puskesmas atau dokter yang ada di daerah sekitarmu!

- **Perencanaan**

1. Bekerjalah secara berkelompok dengan 3-4 orang temanmu.
2. Coba buat beberapa daftar pertanyaan yang akan kamu tanyakan saat wawancara dengan tenaga kesehatan di daerah sekitarmu.
   Contoh:
   a. Apa sajakah gangguan atau penyakit pada alat ekskresi yang pernah dokter identifikasi selama ini?
   b. Sekitar usia berapakah pasien yang menderita gangguan pada alat ekskresi (misalnya sakit ginjal, dll yang pernah diidentifikasi oleh dokter tersebut)?
   c. Apakah penyebab dari gangguan pada alat ekskresi tersebut?
   d. Bagaimana cara mengobati gangguan atau penyakit tersebut?
   e. Bagaimana upaya kita menjaga kesehatan agar dapat mencegah penyakit pada alat ekskresi?
   f. Kamu dapat menambahkan daftar pertanyaan lainnya yang kamu anggap perlu dan menanyakan hal lain yang ingin kamu ketahui lebih lanjut.

- **Pelaksanaan**

1. Pergilah ke Puskesmas terdekat atau dokter praktik yang dekat dengan daerahmu! Kamu dapat pergi bersama teman kelompokmu atau dengan didampingi orangtua.
2. Ketika melakukan wawancara usahakan agar tidak mengganggu kesibukan dokter atau tenaga medis yang akan kamu wawancarai.
3. Bertanyalah dengan sopan dan sesuai dengan daftar pertanyaan yang telah kamu susun sebelumnya.
4. Catatlah hasil wawancaramu, atau kamu dapat merekam wawancaramu.
5. Agar lebih mudah mengorganisasi jawaban kamu dapat menggunakan format tabel berikut ini.

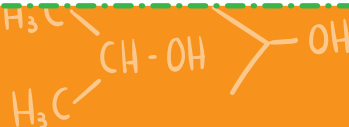
Tabel 9.4 Daftar Pertanyaan dan Jawaban pada Saat Wawancara

No	Pertanyaan	Jawaban
1		
2		
3		
4		
5		

- **Penilaian**

1. Kumpulkan tabel hasil wawancaramu pada gurumu!
2. Buatlah artikel sederhana atau poster yang berisi informasi dari hasil penyelidikanmu dan upaya untuk menjaga kesehatan sistem ekskresimu!

10 Getaran, Gelombang, dan Bunyi dalam Kehidupan Sehari-hari

Pernahkah kamu mendengar tentang USG? USG adalah salah satu peralatan medis yang dapat digunakan untuk mendeteksi keadaan janin dalam kandungan. Alat ini bekerja dengan cara memanfaatkan pantulan gelombang ultrasonik yang dipancarkan ke rahim ibu hamil. Bagaimana sistem kerja USG? Apakah gelombang bunyi hanya dapat dimanfaatkan pada USG saja? Bagaimana dengan peralatan lainnya? Tentu kamu ingin mengetahuinya bukan? Oleh karena itu, ayo kita pelajari materi ini dengan penuh semangat!

Pernahkah kamu berpikir bagaimana seseorang dapat mendengar bunyi? Apa yang dimaksud dengan bunyi? Darimana bunyi berasal? Kita membutuhkan alat indra berupa telinga untuk mendengar. Di dalam telinga terdapat berbagai struktur yang memiliki fungsi tertentu sehingga dapat mendeteksi adanya vibrasi mekanis (getaran) hingga terjadilah proses mendengar. Kita wajib bersyukur kepada Tuhan, atas karunia telinga yang diberikan kepada kita.

Tahukah kamu bahwa getaran dan gelombang juga banyak dimanfaatkan dalam pengembangan teknologi? Misalnya untuk melihat kondisi bayi melalui alat ultrasonografi (USG), membuat peta dasar laut, dan masih banyak yang lainnya. Tentu kamu ingin mengetahuinya lebih banyak bukan? Untuk itu, ayo pelajari materi ini dengan penuh semangat!

A. Getaran, Gelombang, dan Bunyi

Ayo, Kita Pelajari

- Getaran
- Gelombang
- Bunyi

Istilah Penting

- Getaran
- Gelombang
- Frekuensi
- Periode
- Amplitudo
- Nada
- Resonansi
- Gaung
- Gema

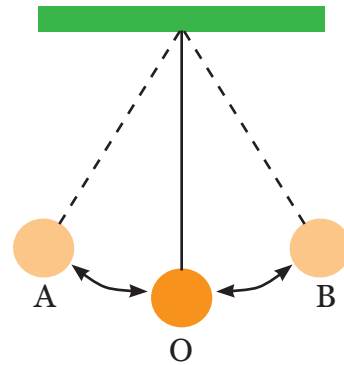
Mengapa Penting?

Mempelajari materi ini akan membantumu memahami konsep getaran dan gelombang, termasuk di dalamnya gelombang bunyi dan penerapannya dalam kehidupan sehari hari.

1. Getaran

Semua benda akan bergetar apabila diberi gangguan. Benda yang bergetar ada yang dapat terlihat secara kasat mata karena simpangan yang diberikan besar, ada pula yang tidak dapat dilihat karena simpangannya kecil. Benda dapat dikatakan bergetar jika benda bergerak bolak-balik secara teratur melalui titik kesetimbangan.

Apakah orang yang berjalan bolak-balik dapat disebut dengan bergetar? Tentu saja tidak. Orang yang berjalan bolak balik belum tentu melalui titik kesetimbangan. Agar memahami tentang getaran, perhatikan Gambar 10.1 tentang bandul sederhana.

Sebuah bandul sederhana mula-mula diam pada kedudukan O (kedudukan setimbang). Bandul tersebut ditarik ke kedudukan A (diberi simpangan kecil). Pada saat benda dilepas dari kedudukan A, bandul akan bergerak bolak-balik secara teratur melalui titik A-O-B-O-A dan gerak bolak balik ini disebut satu getaran. Salah satu ciri dari getaran adalah adanya amplitudo atau simpangan terbesar. Setiap kali bergetar, berapa banyak waktu yang dibutuhkan? Apa saja yang memengaruhi getaran tersebut? Agar memahami hal tersebut, lakukan kegiatan berikut.

Sumber: Dok.Kemdikbud

Gambar 10.1 Bandul Sederhana

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 10.1 Getaran

Apa yang kamu perlukan?

1. 1 buah bandul
2. 1 buah statif
3. 1 buah *Stopwatch*
4. Tali nilon dengan panjang 15 cm dan 30 cm

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Ikatkan bandul pada statif sehingga menggantung!
2. Tarik bandul dengan memberi simpangan kecil ($< 10°$) kemudian lepaskan. Setelah bandul bergerak satu getaran, hidupkan *stopwatch*!
3. Catatlah waktu yang diperlukan bandul bergerak bolak-balik dengan jumlah getaran dan panjang tali seperti yang tercantum pada Tabel 10.1! Lengkapi tabel tersebut!

Tabel 10.1 Hasil Pengamatan Getaran Bandul

Panjang Tali (l)	Jumlah Getaran (n)	Waktu Getaran (t)	Waktu untuk 1 Kali Bergetar (T)	Jumlah Getaran dalam 1 Sekon (f)
15	5			
	10			
	15			
	20			
30	5			
	10			
	15			
	20			

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Berapa waktu yang dibutuhkan untuk melakukan 1 getaran dengan panjang tali 15 cm? Berapa pula waktu yang dibutuhkan untuk melakukan 1 getaran dengan panjang tali 30 cm?

   Waktu yang diperlukan untuk melakukan satu getaran disebut periode (T)

2. Berapa jumlah getaran yang terjadi dalam satu sekon pada panjang tali 15 cm? Berapa pula jumlah getaran yang terjadi dalam satu sekon pada panjang tali 30 cm?

   Jumlah getaran yang terjadi dalam satu sekon disebut frekuensi (f)

3. Secara matematis, bagaimana kamu merumuskan periode? Apa satuannya?
4. Secara matematis, bagaimana kamu merumuskan frekuensi? Apa satuannya?
5. Bagaimana hubungan antara frekuensi dan periode?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan pada Aktivitas 10.1, dapat diketahui bahwa panjang tali pada bandul berpengaruh terhadap periode getar. Semakin panjang tali, maka semakin besar periode getarnya dan semakin kecil frekuensinya. Dengan demikian, besar periode berbanding terbalik dengan besar frekuensi.

Ayo, Kita Selesaikan

Jika ayunan sederhana bergetar sebanyak 60 kali dalam waktu 15 sekon, tentukan:

a. frekuensi ayunan, dan
b. periode ayunan.

2. Gelombang

Jika kamu memukul panci di dekat wadah berlapis plastik yang di atasnya ditaruh segenggam beras, maka beras akan bergetar. Mengapa hal itu dapat terjadi? Ternyata, energi getaran yang dihasilkan dari pukulan panci akan merambat, sehingga menyebabkan plastik ikut bergerak. Dalam bentuk apa energi getaran itu merambat? Energi getaran akan merambat dalam bentuk gelombang. Pada perambatan gelombang yang merambat adalah energi, sedangkan zat perantaranya tidak ikut merambat (hanya ikut bergetar). Pada saat kita mendengar, getaran akan merambat dalam bentuk gelombang yang membawa sejumlah energi, sehingga sampai ke saraf yang menghubungkan ke otak kita.

Berdasarkan energinya, gelombang dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu **gelombang mekanis** dan **gelombang elektromagnetik**. Perambatan gelombang mekanis memerlukan medium (perantara), misal gelombang tali, gelombang air, dan gelombang bunyi. Perambatan gelombang elektromagnetik tidak memerlukan medium, misal gelombang cahaya. Dari kedua jenis gelombang tersebut, yang akan kamu pelajari adalah gelombang mekanis. Apakah yang dirambatkan oleh gelombang tersebut? Agar mengetahuinya, lakukan kegiatan berikut.

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 10.2 Gelombang

Apa yang kamu perlukan?

1. Tali dengan panjang 3 m
2. Karet gelang

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan!
2. Ikatlah karet gelang pada tali kira-kira pada jarak 0,5 m dari salah satu ujungnya!
3. Peganglah salah satu ujungnya olehmu dan ujung yang lain oleh temanmu, kemudian usikan tali ke atas dan ke bawah!
4. Amati yang terjadi pada tali dan karet gelang yang diikatkan tadi!

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Pada saat kamu getarkan, apakah karet gelang ikut merambat bersama gelombang?
2. Apakah bagian tali ikut berpindah merambat bersama gelombang?
3. Apa yang dirambatkan oleh gelombang?
4. Mintalah temanmu untuk menggetar-getarkan tali tersebut dengan cepat. Apakah kamu merasakan sesuatu?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Pada saat menggetarkan tali, gelombang akan merambat pada tali ke arah temanmu, tetapi karet gelang yang diikatkan tidak ikut merambat bersama gelombang. Demikian pula dengan tali juga tidak ikut merambat. Jadi hal tersebut membuktikan bahwa gelombang merambat hanya menghantarkan energi, mediumnya tidak ikut merambat. Berdasarkan arah rambat dan arah getarannya, gelombang dibedakan menjadi gelombang transversal dan gelombang longitudinal.

a. Gelombang Transversal

Tahukah kamu apa itu gelombang transversal? Sebelum kamu mempelajari gelombang transversal, lakukan aktivitas berikut.

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 10.3 Gelombang Transversal

Apa yang kamu perlukan?

Tali tambang

Apa yang harus kamu lakukan?

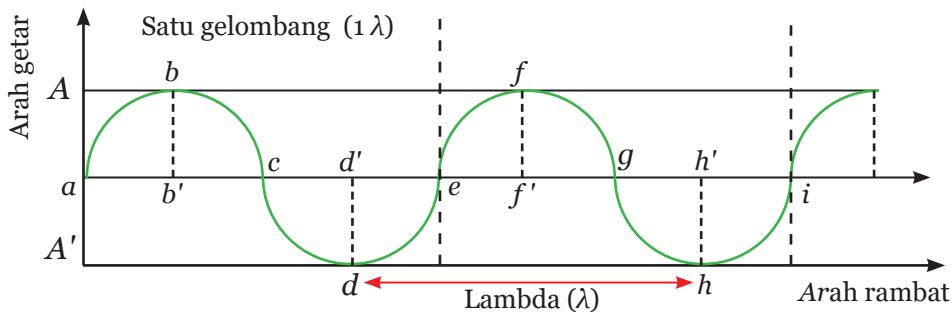
1. Letakkan tali tambang di atas lantai!
2. Mintalah temanmu untuk memegang salah satu ujung tali!
3. Berilah usikan pada tali beberapa kali ke arah samping!
4. Amati arah rambat gelombangnya!

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Kemanakah arah rambat gelombang?
2. Apakah arah getar dengan arah rambat gelombang saling tegak lurus?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Ketika tali diberi simpangan, tali akan bergetar dengan arah getaran ke atas dan ke bawah. Pada tali, gelombang merambat tegak lurus dengan arah getarnya. Bentukan seperti ini disebut gelombang transversal. Contoh lain gelombang transversal ada pada permukaan air. Panjang gelombang transversal sama dengan jarak satu bukit gelombang dan satu lembah gelombang (*a-b-c-d-e* pada Gambar 10.2). Panjang satu gelombang dilambangkan dengan λ (dibaca lambda) dengan satuan meter. Simpangan terbesar dari gelombang itu disebut amplitudo (*bb'* atau *dd'* pada Gambar 10.2). Dasar gelombang terletak pada titik terendah gelombang, yaitu *d* dan *h*, dan puncak gelombang terletak pada titik tertinggi yaitu *b* dan *f*. Lengkungan *c-d-e* dan *g-h-i* merupakan lembah gelombang. Lengkungan *a-b-c* dan *e-f-g* merupakan bukit gelombang.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 10.2 Grafik Simpangan terhadap Arah Rambat

Waktu yang diperlukan untuk menempuh satu gelombang disebut periode gelombang, satuannya sekon (*s*) dan dilambangkan dengan *T*. Jumlah gelombang yang terbentuk dalam 1 sekon disebut frekuensi gelombang. Lambang untuk frekuensi adalah *f* dan satuannya hertz (Hz). Gelombang yang merambat dari ujung satu ke ujung yang lain memiliki kecepatan tertentu, dengan menempuh jarak tertentu dalam waktu tertentu pula.

b. Gelombang Longitudinal

Gelombang longitudinal dapat kamu amati pada slinki atau pegas yang diletakkan di atas lantai. Ketika slinki digerakkan maju-mundur secara terus menerus, akan terjadi gelombang yang merambat pada slinki dan membentuk pola rapatan dan regangan. Gelombang longitudinal memiliki arah rambat yang sejajar dengan arah getarnya.

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 10.4 Gelombang Longitudinal

Apa yang kamu perlukan?

Slinki (Gambar 10.3)

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 10.3 Slinki

Apa yang harus kamu lakukan?

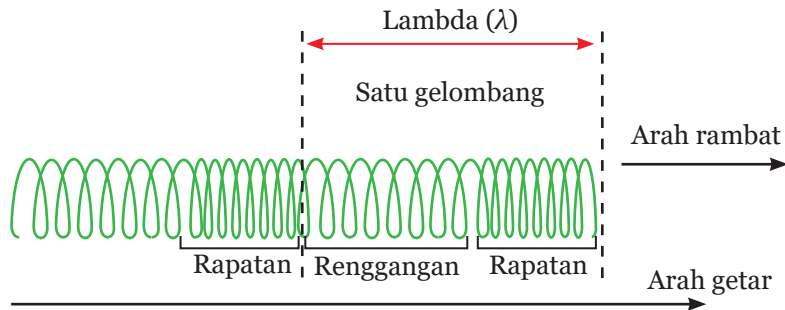
1. Letakkan slinki di atas lantai yang licin dan minta temanmu memegang salah satu ujungnya!
2. Gerakkan salah satu ujung slinki dengan cara memberikan dorongan dan tarikan pada slinki!
3. Amati dan gambarkan fenomena yang terjadi pada slinki!

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Pada saat kamu mendorong dan menarik slinki, ke arah manakah getaran pada slinki?
2. Kemanakah arah rambat gelombang?
3. Apakah arah getar dengan arah rambat gelombang searah? Mengapa?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Contoh gelombang longitudinal adalah gelombang bunyi. Satu gelombang longitudinal terdiri atas satu rapatan dan satu regangan seperti pada Gambar 10.4. Besaran-besaran yang digunakan pada gelombang longitudinal sama dengan besaran-besaran pada gelombang transversal. Dapatkah kamu menyebutkannya?

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 10.4 Rapatan dan Renggangan pada Gelombang Longitudinal

c. Hubungan antara Panjang Gelombang, Frekuensi, Cepat Rambat, dan Periode Gelombang

Pernahkah kamu memerhatikan cahaya kilat dan bunyi guntur? Kamu akan mendengar bunyi guntur beberapa saat setelah cahaya kilat terlihat. Walaupun guntur dan cahaya kilat muncul dalam waktu yang bersamaan, kamu akan melihat cahaya kilat lebih dahulu karena cahaya merambat jauh lebih cepat daripada bunyi. Cahaya merambat dengan kecepatan 3×10^8 m/s, sedangkan bunyi hanya merambat dengan kecepatan 340 m/s. Cepat rambat gelombang dilambangkan dengan v, dengan satuan m/s.

Karena gelombang menempuh jarak satu panjang gelombang (λ) dalam waktu satu periode gelombang (T), maka kecepatan gelombang dapat ditulis

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Karena $T = \frac{1}{f}$, maka cepat rambat gelombang dapat juga dinyatakan sebagai berikut.

$$v = f \times \lambda$$

Bagaimana jika kamu membuat gelombang tali dengan frekuensi yang berbeda? Kamu akan menemukan jika frekuensi gelombang tali diperbesar, maka panjang gelombangnya mengecil. Mengapa? Dalam medium yang sama, cepat rambat gelombang adalah tetap. Misalnya cepat rambat gelombang pada tali adalah 12 m/s, dengan frekuensi gelombang 4 Hz, maka panjang gelombangnya adalah 3 m (λ = 3 m). Namun jika frekuensi diperbesar menjadi 6 Hz, maka panjang gelombangnya menjadi 2 (λ = 2 m). Apa yang terjadi jika frekuensi gelombangnya diperkecil? Misalnya menjadi 2 Hz, berapakah panjang gelombangnya sekarang?

Ayo, Kita Pahami

Contoh Soal

Gelombang pada permukaan air merambat dengan panjang gelombang 2 m. Jika waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu gelombang adalah 0,5 sekon, tentukan:

a. cepat rambat gelombang, dan
b. frekuensi gelombang!

Penyelesaian:

Diketahui: Perambatan gelombang pada air
λ = 2 m
T = 0,5 s

Ditanya: a. Cepat rambat gelombang (v)
b. Frekuensi (f)

Jawab:

a. $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{2 \text{ m}}{0{,}5 \text{ s}} = 4 \text{ m/s}$

Jadi, cepat rambat gelombang air adalah 4 m/s

b. $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}5 \text{ s}} = 2 \text{ Hz}$

Jadi, frekuensi gelombang air adalah 2 Hz.

Ayo, Kita Selesaikan

1. Sebuah gelombang panjangnya 0,75 m dan cepat rambatnya 150 m/s. Berapakah frekuensinya?
2. Suatu sumber getar memiliki frekuensi 300 Hz. Gelombangnya merambat dalam zat cair dengan kecepatan 1.500 m/s. Berapakah panjang gelombangnya?
3. Jika frekuensi suatu getaran 440 Hz dan panjang gelombangnya 75 cm, berapakah kecepatan gelombang tersebut?

d. Pemantulan Gelombang

Apakah gelombang dapat dipantulkan? Agar memahami pemantulan gelombang pada tali, ayo diskusikan permasalahan berikut.

Ayo, Kita Diskusikan

Jika kita membuat usikan pada tali yang salah satu ujungnya dipegang temanmu, bagaimanakah kondisi gelombang yang terjadi pada tali? Apakah ada gelombang yang dipantulkan?

(a)

(b)

Sumber: (a) hendrix2.uoregon.edu.(b) i.ytimg.com

Gambar 10.5 (a) Gelombang pada Air, (b) Gelombang pada Tali

Pemantulan gelombang adalah peristiwa membaliknya gelombang setelah mengenai penghalang. Seperti gelombang tali pada Gambar 10.5, gelombang yang mencapai ujung akan memberikan gaya ke atas pada penopang yang ada di ujung, sehingga penopang memberikan gaya yang sama tetapi berlawanan arah ke bawah pada tali. Gaya ke bawah pada tali inilah yang membangkitkan gelombang pantulan yang terbalik.

3. Bunyi

Setiap hari, kita dapat mendengar suara burung berkicau, orang bernyanyi, klakson mobil atau kendaraan bermotor. Mengapa kamu dapat mendengar suara tersebut? Suara yang kamu dengar dikenal dengan bunyi. Bunyi merupakan gelombang longitudinal yang merambatkan energi gelombang di udara sampai terdengar oleh reseptor pendengar. Agar mengetahui bagaimana bunyi ini dibentuk, lakukan kegiatan berikut.

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 10.5 Bergetar Menimbulkan Bunyi

Apa yang kamu perlukan?

1. Gitar
2. Tong
3. Garpu tala dan pemukul garpu tala

Jika tidak ada gitar, bawalah alat musik petik lainnya seperti sasando, ukulele, dan lain sebagainya. Jika tidak ada tong atau gong, bawalah kaleng bekas biskuit, ember, wadah dari logam, galon, dan lain sebagainya.

Apa yang harus kamu lakukan?

1. **Memetik gitar**
   a. Petiklah gitar sehingga mengeluarkan suara!
   b. Amatilah senar yang dipetik, bagaimanakah keadaan senar?
   c. Pegang senar yang dipetik, apa yang kamu rasakan dan apakah kamu masih dapat mendengarkan suara gitar yang dipetik?

2. **Memukul gong/tong**
   a. Pukullah gong/tong hingga mengeluarkan suara!
   b. Sentuhlah gong/tong itu secara perlahan dengan jarimu, apa yang kamu rasakan?
   c. Pegang permukaan gong/tong sampai tidak bersuara, kemudian sentuhlah dengan jari. Apa yang kamu rasakan?

3. **Memukul garpu tala**
   a. Peganglah garpu tala!
   b. Pukullah garpu tala dengan alat pemukul garpu tala hingga mengeluarkan suara! Sentuh garpu tala dengan tanganmu, apa yang kamu rasakan? Setelah garpu tala tidak bersuara, apa yang kamu rasakan?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan kegiatan yang telah dilakukan, kamu dapat menemukan bahwa tong, senar, dan garpu tala mengeluarkan suara pada saat benda-benda tersebut bergetar. Namun pada saat benda-benda itu diam, ketiga benda itu tidak bersuara. Suara tersebut dikenal dengan **bunyi**. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa bunyi ditimbulkan oleh benda-benda yang bergetar. Bunyi garpu tala menuju telinga dihantarkan oleh rapatan dan regangan partikel-partikel udara. Pada waktu bunyi keluar dari garpu tala, langsung akan menumbuk molekul-molekul udara. Molekul udara ini akan menumbuk udara di sebelahnya yang mengakibatkan terjadinya rapatan dan regangan, demikian seterusnya sampai ke telinga. Perhatikan Gambar 10.6!

Sumber: www.centralparkent.net

Gambar 10.6 Gelombang Bunyi yang Merambat Menuju Telinga

Apakah molekul udara berpindah? Molekul udara tidak berpindah, tetapi hanya merapat dan merenggang. Bunyi sampai di telinga karena merambat dalam bentuk gelombang. Gelombang yang tersusun dari rapatan dan regangan adalah gelombang longitudinal. Tanpa adanya medium atau zat perantara, bunyi tidak dapat merambat. Hal ini mengakibatkan bunyi termasuk jenis gelombang mekanis. Begitu pula ketika kita mendengar bunyi akan dirambatkan ke telinga kita melalui udara. Jadi dapat disimpulkan bahwa bunyi dapat terdengar bila ada 1) sumber bunyi, 2) medium/zat perantara, dan 3) alat penerima/ pendengar.

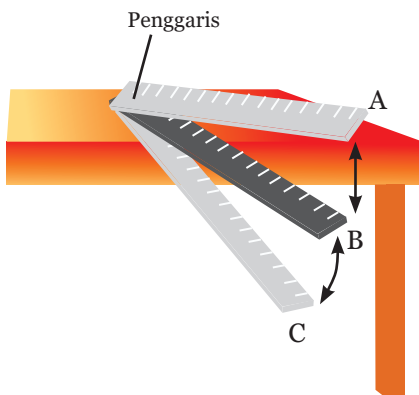
Seberapa cepat kita dapat mendengar bunyi? Ahli fisika bernama Miller melakukan percobaan untuk mengukur kecepatan bunyi di udara dengan menembakkan peluru sebagai sumber bunyi dan meletakkan detektor pada jarak tertentu. Pada percobaan tersebut, kecepatan bunyi tergantung pada temperatur. Semakin rendah suhu udara, maka semakin besar kecepatan bunyi. Hal ini yang menjelaskan mengapa pada malam hari bunyi terdengar lebih jelas daripada siang hari. Pada siang hari gelombang bunyi dibiaskan ke arah udara yang lebih panas (ke arah atas) karena suhu udara di permukaan bumi lebih dingin dibandingkan dengan udara pada bagian atasnya. Berlawanan pada malam hari, gelombang bunyi dipantulkan ke arah yang lebih rendah karena suhu permukaan bumi lebih hangat dibandingkan dengan udara pada bagian atasnya.

Selain dipengaruhi oleh suhu, cepat rambat bunyi di udara juga dipengaruhi oleh jenis medium. Medium manakah yang akan menghantarkan bunyi paling cepat? Perhatikan Tabel 10.2!

Tabel 10.2 Cepat Rambat Bunyi pada Berbagai Medium

Medium	Cepat Rambat Bunyi (m/s)
Udara (0°C)	331
Udara (15°C)	340
Air (25°C)	1.940
Air laut (25°C)	1.530
Aluminium (20°C)	5.100
Tembaga (20°C)	3.560
Besi (20°C)	5.130

a. Frekuensi Bunyi

Apakah semua bunyi dapat terdengar oleh telinga manusia? Ketika guru menggetarkan penggaris di meja dengan getaran kurang dari 20 getaran per sekon, kita tidak dapat mendengar bunyi. Kita baru dapat mendengarkan bunyi ketika penggaris menghasilkan 20 getaran per sekon atau lebih.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 10.7 Penggaris Plastik yang Digetarkan

Berdasarkan frekuensinya, bunyi dibagi menjadi tiga, yaitu infrasonik, audiosonik, dan ultrasonik. Bunyi infrasonik memiliki frekuensi kurang dari 20 Hz. Bunyi infrasonik hanya mampu didengar oleh hewan-hewan tertentu seperti jangkrik dan anjing.

Bunyi yang memiliki frekuensi 20-20.000 Hz disebut audiosonik. Manusia dapat mendengar bunyi hanya pada kisaran ini. Bunyi dengan frekuensi di atas 20.000 Hz disebut ultrasonik. Kelelawar, lumba-lumba, dan anjing adalah contoh hewan yang dapat mendengar bunyi ultrasonik.

Tabel 10.3 Klasifikasi Frekuensi Bunyi

Jenis Bunyi	Frekuensi (Hz)
Infrasonik	<20
Audiosonik	20-20.000
Ultrasonik	>20.000

Anjing adalah salah satu contoh hewan yang mampu menangkap bunyi infrasonik, audiosonik, dan ultrasonik (kurang dari 20 Hz hingga 40.000 Hz). Anjing akan terbangun jika mendengar langkah kaki manusia walaupun sangat pelan. Hal ini menjadi alasan oleh sebagian orang untuk memanfaatkan anjing sebagai penjaga rumah.

Selain anjing, kelelawar juga mampu memanfaatkan bunyi dengan baik. Kelelawar dapat mengeluarkan gelombang ultrasonik saat terbang. Pada malam hari, mata kelelawar mengalami disfungsi (pelemahan fungsi). Kelelawar menggunakan indra pendengarannya untuk "melihat". Kelelawar mengeluarkan bunyi ultrasonik sebanyak mungkin. Kemudian, kelelawar mendengarkan bunyi pantul tersebut untuk mengetahui letak suatu benda dengan tepat, sehingga kelelawar mampu terbang dalam keadaan gelap tanpa menabrak benda-benda di sekitarnya. Mekanisme untuk memahami keadaan lingkungan dengan bantuan bunyi pantul ini sering disebut dengan sistem ekolokasi.

Ayo, Kita Diskusikan

Sebuah sumber bergetar menghasilkan frekuensi 40 kHz. Hitunglah panjang gelombang bunyi tersebut jika cepat rambatnya 1.500 m/s!

b. Karakteristik Bunyi

Ketika kamu mendengar bunyi, apakah kamu dapat membedakan sumber bunyi? Misalnya ketika membedakan bunyi gitar dan piano. Mengapa kamu mempunyai kemampuan itu? Hal ini disebabkan oleh setiap gelombang bunyi memiliki frekuensi, amplitudo, dan warna bunyi yang berbeda meskipun perambatannya terjadi pada medium yang sama.

1) Tinggi Rendah dan Kuat Lemah Bunyi

Pada waktu memainkan alat musik kamu dapat menentukan tinggi rendahnya bunyi. Agar memahami tinggi atau rendahnya bunyi, lakukan kegiatan berikut ini.

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 10.6 Frekuensi pada Garpu Tala

Apa yang kamu perlukan?

Tiga garpu tala yang berbeda-beda frekuensinya, misalnya 440 Hz, 400 Hz, dan 360 Hz.

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Siapkan garpu tala!
2. Getarkan garpu tala secara bergantian!
3. Dengarkan dan bandingkan bunyi yang terdengar!

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Pada orang dewasa, suara perempuan lebih tinggi dibandingkan suara laki-laki. Pita suara laki-laki yang bentuknya lebih panjang dan berat, mengakibatkan laki-laki memiliki nada dasar sebesar 125 Hz, sedangkan perempuan memiliki nada dasar satu oktaf (dua kali lipat) lebih tinggi, yaitu sekitar 250 Hz. Bunyi dengan frekuensi tinggi akan menyebabkan telinga sakit dan nyeri karena gendang telinga ikut bergetar lebih cepat. Tinggi rendahnya nada ini ditentukan oleh frekuensi bunyi tersebut. Semakin besar frekuensi bunyi, maka akan semakin tinggi nadanya. Sebaliknya, jika frekuensi bunyi kecil, maka nada akan semakin rendah.

Garpu tala yang digetarkan pelan-pelan menghasilkan simpangan yang kecil, sehingga amplitudo gelombang yang dihasilkan juga kecil. Hal ini menyebabkan bunyi garpu tala terdengar lemah. Pada saat garpu tala digetarkan dengan simpangan yang besar, amplitudo gelombang yang dihasilkan juga besar sehingga bunyi garpu tala terdengar keras. Kuat lemahnya suara ditentukan oleh amplitudonya. Bagaimana bunyi yang diperdengarkan gitar dapat menghasilkan nada yang berbeda-beda. Agar mengetahui faktor-faktor yang menentukan tinggi rendah nada pada dawai atau senar lakukan aktivitas berikut.

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 10.7 Frekuensi Nada pada Senar

Apa yang kamu perlukan?

Gitar

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Petiklah secara bergantian senar gitar nomor 1, 3, 6!
2. Dengarkan bunyi yang dihasilkan masing-masing senar. Apakah bunyi yang dihasilkan semakin tinggi atau rendah frekuensinya? Bagaimana hubungan ketebalan tali dawai dengan frekuensi?
3. Gaya tegang pada senar nomor 6 diperbesar dengan memutar setelannya, petiklah senarnya dan dengarkan nada yang dihasilkan. Kurangi tegangan senar dengan memutar setelannya, kemudian petik senarnya. Bandingkan bunyi senar yang dihasilkan ketika tegangannya diperbesar dan dikurangi!
4. Apakah frekuensi bunyinya semakin besar ketika tegangan diperbesar? Bagaimana hubungan tegangan dawai dengan frekuensi?
5. Petiklah senar nomor 6 dengan menekan senar pada kolom 2, 3, 4 (panjang senar semakin pendek) secara bergantian. Bandingkan bunyi yang dihasilkan. Apakah semakin pendek senarnya akan semakin tinggi frekuensi bunyi yang dihasilkan?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan yang telah kamu lakukan, buatlah simpulannya!

Berdasarkan kegiatan pada Aktivitas 10.7 diperoleh hasil bahwa frekuensi senar yang bergetar bergantung pada hal-hal berikut.

- Panjang senar, semakin panjang senar, semakin rendah frekuensi yang dihasilkan.
- Tegangan senar, semakin besar tegangan senar, semakin tinggi frekuensi yang dihasilkan.

- Luas penampang senar, semakin kecil penampang senar, semakin tinggi frekuensi yang dihasilkan.

Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 10.8 Gitar

2) Nada

Kamu akan lebih nyaman ketika mendengarkan bunyi musik, dibandingkan dengan bunyi ramainya orang yang ada di pasar. Mengapa? Bunyi musik akan lebih enak didengarkan karena bunyi musik memiliki frekuensi getaran teratur yang disebut nada, sebaliknya bunyi yang memiliki frekuensi yang tidak teratur disebut desah. Berikut ini merupakan beberapa deret nada yang berlaku standar.

Deret nada	:	c	d	e	f	g	a	b	c
Baca	:	do	re	mi	fa	sol	la	si	do
Frekuensi	:	264	297	330	352	396	440	495	528
Perbandingan	:	24	27	30	32	36	40	45	48

3) Warna atau Kualitas Bunyi

Pada saat bermain alat musik, kamu dapat membedakan bunyi yang bersumber dari alat musik gitar, piano dan lain-lain. Setiap alat musik akan mengeluarkan suara yang khas. Suara yang khas ini disebut kualitas bunyi atau yang sering disebut timbre. Begitu pula pada manusia, juga memiliki kualitas bunyi yang berbeda-beda, ada yang memiliki suara merdu atau serak.

4) Resonansi

Tahukah kamu mengapa kentongan menghasilkan bunyi yang lebih keras daripada kayu yang tidak berongga ketika dipukul? Mengapa bentuk gitar listrik berbeda dengan gitar biasa? Apa fungsi

kotak udara pada gitar biasa? Jawaban pertanyaan ini akan berkaitan dengan resonansi. Agar memahami resonansi, lakukan kegiatan pada Aktivitas 10.8.

Ayo, Kita Lakukan

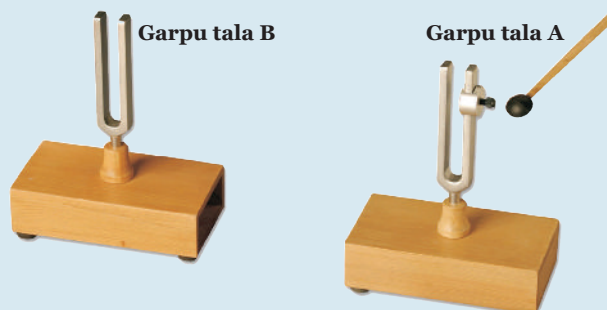
Aktivitas 10.8 Resonansi Bunyi

Apa yang kamu perlukan?

1. 2 garpu tala yang memiliki frekuensi sama
2. Penyangga garpu tala
3. Pemukul garpu tala
4. Gelas
5. Air

Apa yang harus kamu lakukan?

a. Percobaan 1

1. Susunlah garpu tala seperti pada Gambar 10.9!

Sumber: ecx.images-amazon.com

Gambar 10.9 Percobaan Garpu Tala

2. Pukullah garpu tala A dengan menggunakan pemukul garpu tala, sehingga terdengar bunyi! Setelah beberapa lama, peganglah garpu tala A!
3. Amatilah garpu tala B, apa yang terjadi pada garpu tala B ketika garpu tala A dipukul?
4. Mengapa itu terjadi dan disebut peristiwa apakah itu? Jelaskan!

b. Percobaan 2

1. Siapkan alat dan bahan!
2. Pukullah garpu tala dengan menggunakan pemukul garpu tala, kemudian dengarkan bunyi dari garpu tala, seperti pada Gambar 10.10!
3. Pukullah garpu tala di meja kamu lagi, kemudian dekatkan pada bibir gelas yang kosong. Coba dengarkan!
4. Isilah air dalam gelas sebanyak $\frac{1}{2}$ gelas!
5. Pukullah garpu tala dengan menggunakan pemukul garpu tala, kemudian dekatkan pada bibir gelas yang berisi air, coba dengarkan, seperti pada Gambar 10.11!
6. Lakukan kegiatan langkah ke-4 dan ke-5, dengan melakukan variasi jumlah air pada gelas, yaitu berisi air $\frac{1}{2}$ gelas, $\frac{3}{4}$ gelas, dan penuh dengan air!
7. Gelas manakah yang menghasilkan suara paling keras? Urutkan manakah yang menghasilkan suara paling keras sampai paling rendah?

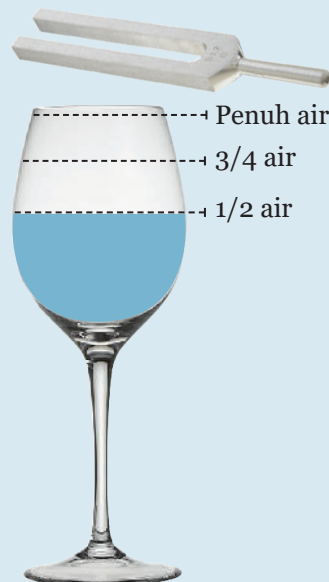
Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 10.10 Seorang Siswa Mendengarkan Garpu Tala

Apa yang perlu kamu diskusikan?

Mengapa hal tersebut dapat terjadi? Jelaskan!

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 10.11 Bagan Percobaan Resonansi

Ikut bergetarnya udara yang ada di dalam kentongan setelah dipukul mengakibatkan bunyi kentongan terdengar semakin keras. Hal inilah yang disebut **resonansi**. Resonansi dapat terjadi pada kolom udara. Bunyi akan terdengar kuat ketika panjang kolom udara mencapai kelipatan ganjil dari $\frac{1}{4}$ panjang gelombang (λ) bunyi. Resonansi kolom udara ternyata telah dimanfaatkan oleh manusia dalam berbagai alat musik, antara lain pada gamelan, alat musik pukul, alat musik tiup, dan alat musik petik atau gesek.

Apakah resonansi hanya terjadi pada kolom udara yang ada di berbagai alat musik? Apakah pada telinga manusia juga memanfaatkan prinsip resonansi? Ketika kita berbicara, kita dapat mengatur suara menjadi lebih tinggi atau rendah. Organ yang berperan dalam pengaturan terjadinya suara adalah pita suara dan kotak suara yang berupa pipa pendek. Pada saat kita berbicara pita suara akan bergetar. Getaran itu diperkuat oleh udara dalam kotak suara yang beresonansi dengan pita suara pada frekuensi yang sama. Akibatnya, amplitudo lebih besar sehingga kita dapat mendengar suara yang nyaring.

Telinga manusia memiliki selaput tipis. Selaput itu mudah sekali bergetar apabila di luar terdapat sumber getar meskipun frekuensinya tidak sama dengan selaput gendang telinga. Selaput tipis sangat mudah beresonansi, sehingga sumber getar yang frekuensinya lebih kecil atau lebih besar dengan mudah menyebabkan selaput tipis ikut bergetar. Prinsip kerja resonansi digunakan manusia karena memiliki beberapa keuntungan, misal dapat memperkuat bunyi asli untuk berbagai alat musik. Selain itu, ada juga dampak yang merugikan dari efek resonansi, yaitu bunyi ledakan bom dapat memecahkan kaca walaupun kaca tidak terkena bom secara langsung, bunyi gemuruh yang dihasilkan oleh guntur beresonansi dengan kaca jendela rumah sehingga bergetar dan dapat mengakibatkan kaca jendela pecah, serta bunyi kendaraan yang lewat di depan rumah dapat menggetarkan kaca jendela rumah.

4) Pemantulan Bunyi

Mengapa ketika berada di ruang tertutup suara terdengar lebih keras daripada di ruang terbuka? Mengapa jika kita berteriak pada tebing seperti ada yang meniru suara kita? Apakah suara ini dipantulkan? Agar memahami hal ini lakukan kegiatan berikut.

Ayo, Kita Lakukan

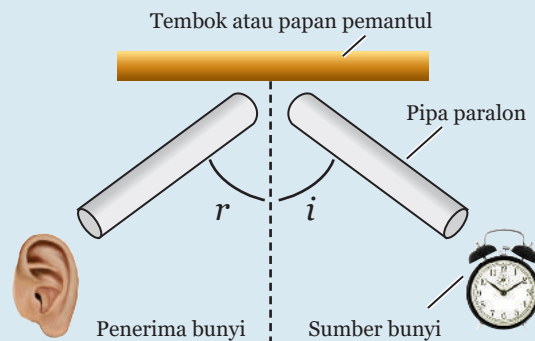
Aktivitas 10.9 Pemantulan Bunyi

Apa yang kamu perlukan?

1. Jam beker
2. 2 batang pipa paralon kecil atau kertas karton yang digulung menyerupai pipa
3. Papan memantul

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Susunlah alat dan bahan seperti pada Gambar 10.12!
2. Hadapkan/tempelkan jam beker pada salah satu pipa!
3. Aturlah pipa yang lain sedemikian rupa sehingga kamu dapat mendengar suara yang paling jelas!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 10.12 Perangkat percobaan pemantulan bunyi

4. Gambarkan lintasan bunyi datang dan bunyi pantul, kemudian ukurlah sudut datang bunyi dan sudut pantulnya!
5. Ulangi langkah ke-3 dan ke-4 dengan sudut datang yang berbeda-beda!

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan yang telah kamu lakukan, dapat diperoleh hukum pemantulan bunyi sebagai berikut.

1. Arah bunyi datang, bunyi pantul, dan garis normal terletak pada satu bidang datar.
2. Besarnya sudut datang (i) sama dengan besarnya sudut pantul (r).

a) Bunyi Pantul yang Memperkuat Bunyi Asli

Apabila kita berbicara di dalam ruangan kecil, suara yang terdengar akan lebih keras dibandingkan dengan berbicara di ruang terbuka, misalnya di lapangan. Hal ini disebabkan jarak sumber bunyi dan dinding pemantul berdekatan sehingga selang waktu antara bunyi asli dan bunyi pantul sangat kecil. Antara bunyi asli dan bunyi pantul akan terdengar hampir bersamaan, sehingga bunyi asli terdengar lebih keras.

Ayo, Kita Pikirkan!

Pernahkah kamu masuk ke dalam studio musik atau bioskop di sekitar tempat tinggal kamu? Di dalam studio musik atau bioskop kamu akan menemukan adanya karpet busa/*styrofoam* atau kayu yang ditempel pada dinding-dinding studio. Apa tujuan penempelan itu?

b) Gaung atau Kerdam

Jika kamu mengucapkan suatu kata dalam ruang gedung yang luas, kamu akan mendengar kata tersebut kurang jelas. Mengapa hal itu terjadi? Bunyi seperti ini disebut gaung atau kerdam, misalnya ketika kamu mengucapkan fisika.

Bunyi asli : Fi – si – ka
Bunyi pantul : ....Fi.... si..... ka
Bunyi yang terdengar jelas : Fi ....ka

Jadi, gaung atau kerdam adalah bunyi pantul yang sebagian terdengar bersama-sama dengan bunyi asli sehingga bunyi asli terdengar tidak jelas. Bagaimana cara menghindari terjadinya gaung? Agar dapat menghindari terjadinya gaung, pada dinding ruangan yang besar harus dilengkapi peredam suara.

Peredam suara terbuat dari bahan karet busa, karton tebal, karpet, dan bahan-bahan lain yang bersifat lunak. Biasanya bahan-bahan tersebut sering kita jumpai di gedung bioskop, studio TV atau radio, aula, dan studio rekaman.

c) Gema

Apabila kamu berteriak di lereng gunung atau lapangan terbuka, maka kamu akan mendengar bunyi pantul yang persis sama seperti bunyi asli dan akan terdengar setelah bunyi asli.

Bunyi asli : Fi- si- ka
Bunyi pantul : Fi- si- ka
Bunyi yang terdengar : Fi- si- ka Fi- si- ka

Hal ini terjadi karena bunyi yang datang ke dinding tebing dan bunyi yang dipantulkannya memerlukan waktu untuk merambat. Jadi, gema adalah bunyi pantul yang terdengar sesudah bunyi asli.

B. Mekanisme Mendengar pada Manusia dan Hewan

Ayo, Kita Pelajari

- Struktur dan fungsi telinga manusia
- Proses mendengar

Istilah Penting

- Daun telinga
- Saluran telinga
- Tulang pendengaran
- Saluran eustachius
- Koklea
- Organ korti

Mengapa Penting?

Mempelajari materi ini akan membantumu memahami mekanisme mendengar pada manusia dan hewan, sehingga kamu lebih memahami konsep getaran dan gelombang.

1. Mekanisme Pendengaran Manusia

Tahukah kamu bagaimana proses mendengar? Sebelum mempelajari proses pendengaran pada manusia, ayo lakukan aktivitas berikut!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 10.10 Struktur, Fungsi, dan Proses Pendengaran

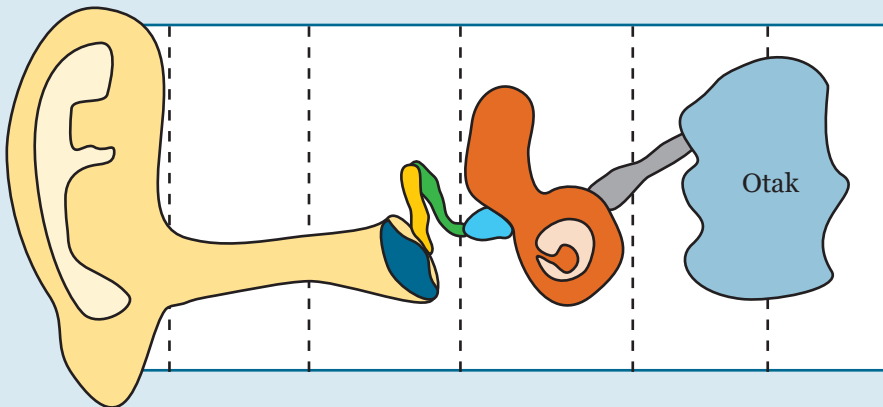
A. Struktur dan Fungsi Indra Pendengaran

Agar mengetahui proses mendengar, kita perlu memahami terlebih dahulu struktur telinga sebagai alat pendengaran.

Apa yang kamu perlukan?

1. Kertas karton/manila
2. Gunting
3. Lem kertas
4. Pensil warna/krayon

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Buatlah sebuah model telinga sederhana, dengan membuat pola seperti Gambar 10.13, dengan ukuran yang lebih besar agar lebih mudah dicoba.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 10.13 Sketsa Model Telinga Manusia

2. Setelah dipotong, susunlah struktur tersebut dan lekatkan memanjang sehingga terlihat struktur dari telinga bagian luar, tengah, dan dalam!

3. Setelah kamu gunakan simpanlah untuk pembelajaran pada pertemuan selanjutnya!
4. Baca dan pahami alat-alat dalam sistem pendengaran dari berbagai sumber yang dapat diperoleh!

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Dimanakah tulang maleus ditemukan?
2. Dimanakah dapat kita temukan silia?
3. Struktur apakah yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan tekanan pada telinga dalam dan mulutmu?
4. Struktur apakah yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal suara ke otak?

Apa yang perlu kamu diskusikan lebih lanjut?

Mengapa pada saat kita sedang flu atau pilek, bepergian dengan pesawat dapat mengganggu pendengaran?

B. Proses Pendengaran

Apa yang kamu perlukan?

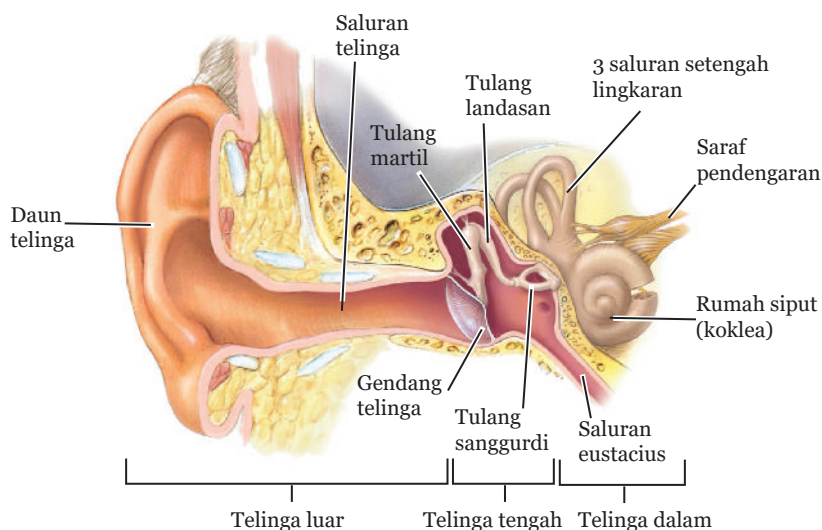
1. Plastik pembungkus
2. Mangkuk plastik
3. Beras
4. Kawat/tali
5. Pemotong kawat/ gunting

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Regangkan plastik pembungkus dan tutupkan di atas mangkuk. Ikat dengan kawat atau tali agar tak lepas!
2. Letakkan tepung atau beras di atas plastik pembungkus!
3. Mintalah temanmu untuk memukul panci/drum di dekat perangkat yang telah kamu buat!
4. Amatilah apa yang terjadi pada plastik!

Sumber: Ezrallson, 2005

Gambar 10.14 Bagan Percobaan Getaran pada Gendang

Prinsip kerja dari percobaan di atas setara dengan prinsip kerja pada gendang telingamu. Telinga dibagi menjadi tiga bagian, yaitu telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam. Perhatikan Gambar 10.15!

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 10.15 Anatomi Telinga Manusia

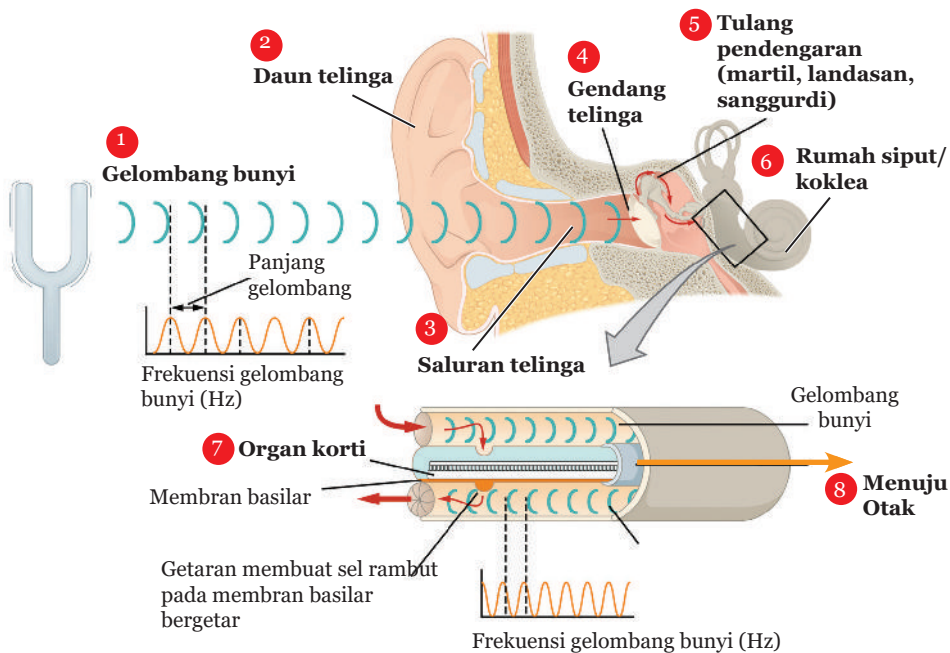
Bunyi yang terdengar oleh telinga kita memerlukan medium. Jadi, mungkinkah kita dapat mendengar di ruang hampa udara? Tentu saja tidak. Bunyi memerlukan medium untuk merambat. Apakah di telinga

terdapat medium untuk merambatkan bunyi? Telinga luar dan telinga tengah terisi oleh udara dan rongga telinga dalam terisi oleh cairan limfa. Bagian-bagian penyusun telinga dan fungsinya dapat dilihat pada Tabel 10.4.

Tabel 10.4 Struktur dan Fungsi Bagian pada Telinga

Bagian Penyusun Telinga	Fungsi
Bagian Luar	
a. Daun telinga	Mengumpulkan gelombang suara ke saluran telinga
b. Saluran telinga (menghasilkan minyak serumen)	Menangkap debu yang masuk ke saluran telinga Mencegah hewan berukuran kecil masuk ke dalam telinga
Bagian Tengah	
a. Gendang telinga/membran timpani	Menangkap gelombang suara dan mengubahnya menjadi getaran yang diteruskan ke tulang telinga
b. Tulang telinga (maleus/martil, inkus/landasan, stapes/sanggurdi)	Meneruskan getaran dari gendang telinga ke rumah siput
Bagian Dalam	
c. Saluran eustachius	Menghubungkan ruang telinga tengah dengan rongga mulut (faring) berfungsi untuk menjaga tekanan udara antara telinga tengah dengan saluran di telinga luar agar seimbang. Tekanan udara yang terlalu tinggi atau rendah disalurkan ke telinga luar dan akan mengakibatkan gendang telinga tertekan kuat sehingga dapat sobek.
a. Rumah siput (koklea)	Koklea merupakan saluran berbentuk spiral yang menyerupai rumah siput. Di dalam koklea terdapat adanya organ korti yang merupakan fonoreseptor. Organ korti berisi ribuan sel rambut yang peka terhadap tekanan getaran. Getaran akan diubah menjadi impuls saraf di dalam sel rambut tersebut dan kemudian diteruskan oleh saraf ke otak.
b. Saluran gelang (labirin)	Terdiri atas saluran setengah lingkaran (semisirkularis) yang berfungsi untuk mengetahui posisi tubuh (alat keseimbangan).

Proses mendengar pada manusia melalui beberapa tahap. Perhatikan pada Gambar 10.16! Tahap tersebut diawali dari lubang telinga yang menerima gelombang dari sumber suara. Gelombang suara yang masuk ke dalam lubang telinga akan menggetarkan gendang telinga (yang disebut membran timpani). Getaran membran timpani ditransmisikan melintasi telinga tengah melalui tiga tulang kecil, yang terdiri atas tulang martil, landasan, dan sanggurdi. Telinga tengah dihubungkan ke faring oleh tabung eustachius. Getaran dari tulang sanggurdi ditransmisikan ke telinga dalam melalui membran jendela oval ke koklea. Koklea merupakan suatu tabung yang bergulung seperti rumah siput. Koklea berisi cairan limfa.

Getaran dari jendela oval ditransmisikan ke dalam cairan limfa dalam ruangan koklea. Di bagian dalam ruangan koklea terdapat organ korti. Organ korti berisi cairan sel-sel rambut yang sangat peka. Inilah reseptor getaran yang sebenarnya. Sel-sel rambut ini akan bergerak ketika ada getaran di dalam koklea, sehingga menstimulasi getaran yang diteruskan oleh saraf auditori ke otak.

Sumber: oerpub.github.io

Gambar 10.16 Proses Mendengar pada Manusia

2. Pendengaran pada Hewan

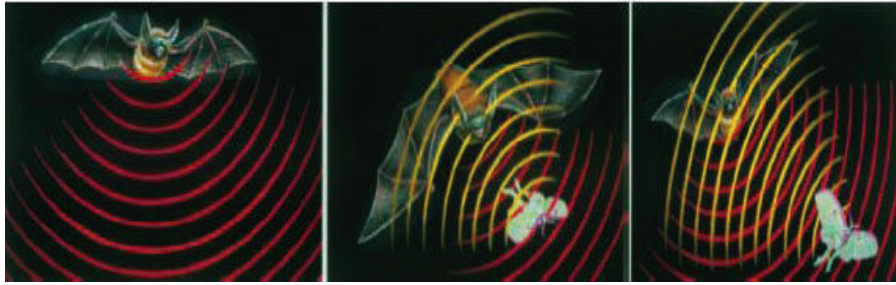
Pernahkah kamu melihat anjing menggerakkan telinganya? Anjing sering menggerakkan telinga ketika melakukan pelacakan atau berburu. Beberapa mamalia akan menggunakan daun telinga untuk memfokuskan suara yang diterimanya. Sistem ini disebut sistem sonar yaitu sistem yang digunakan untuk mendeteksi tempat dalam melakukan pergerakan dengan deteksi suara frekuensi tinggi (ultrasonik). Sonar atau *Sound Navigation and Ranging* merupakan suatu metode penggunaan gelombang ultrasonik untuk menaksir ukuran, bentuk, letak, dan kedalaman benda-benda, seperti pada Gambar 10.17.

Sumber : www.hngn.com.

Gambar 10.17 Sistem Sonar pada Kelelawar

a. Kelelawar

Tahukah kamu kelelawar? Kelelawar dapat mengeluarkan dan menerima gelombang ultrasonik dengan frekuensi di atas 20.000 Hz pada saat ia terbang. Gelombang yang dikeluarkan akan dipantulkan kembali oleh objek yang akan dilewatinya dan diterima oleh *receiver* (alat penerima) yang berada di tubuh kelelawar. Kemampuan kelelawar untuk menentukan lokasi ini disebut dengan ekolokasi.

Pada saat terbang dan berburu, kelelawar akan mengeluarkan bunyi yang frekuensinya tinggi, kemudian mendengarkan gema yang dihasilkan. Pada saat kelelawar mendengarkan gema, kelelawar hanya akan terfokus pada suara yang dipancarkannya sendiri. Rentang frekuensi yang mampu didengar oleh makhluk ini terbatas, sehingga kelelawar harus mampu menghindari efek Doppler yang muncul.

Sumber : McGraw-Hill, 2007

Gambar 10.18 Ekolokasi Kelelawar

Menurut efek Doppler, jika sumber bunyi dan penerima suara keduanya tak bergerak, maka penerima akan mendengar frekuensi bunyi yang sama dengan yang dipancarkan oleh sumber suara. Akan tetapi, jika salah satu dari sumber bunyi atau penerima suara tersebut bergerak, frekuensi yang diterima akan berbeda dengan yang dipancarkan. Pada keadaan tersebut frekuensi suara yang dipantulkan dapat jatuh ke wilayah frekuensi yang tidak dapat didengar oleh kelelawar.

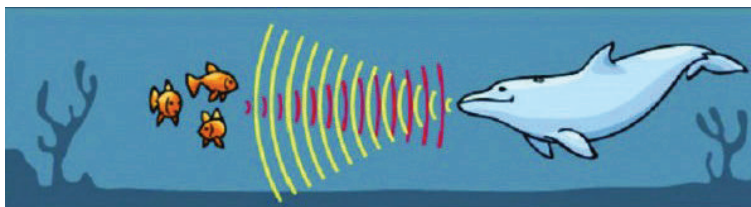
Agar dapat menghindari efek Doppler, kelelawar akan menyesuaikan besar frekuensi suara yang dipancarkannya. Misalnya, kelelawar akan mengirimkan suara berfrekuensi tinggi untuk mendeteksi lalat yang bergerak menjauh, sehingga pantulannya tidak hilang.

b. Lumba-Lumba

Pernahkah kamu melihat lumba-lumba? Di mana kamu pernah melihat lumba-lumba? Habitat asal lumba-lumba adalah di lautan. Lumba- lumba dapat dilihat di permukaan air, namun sebagian besar waktu mereka di kedalaman lautan yang cukup gelap. Sekalipun hidup di kedalaman lautan, lumba-lumba mempunyai sistem yang memungkinkan untuk berkomunikasi dan menerima rangsangan, yaitu sistem sonar. Sama seperti pada kelelawar, sistem ini berguna untuk mengindrai benda-benda di lautan, mencari makan, dan berkomunikasi.

Sumber : www.apakabardunia.com
Gambar 10.19 Lumba-Lumba

Bagaimana cara kerja sistem sonar pada lumba-lumba? Lumba-lumba bernapas melalui lubang yang ada di atas kepalanya. Di bawah lubang ini, terdapat kantung-kantung kecil berisi udara. Agar dapat menghasilkan suara berfrekuensi tinggi, lumba-lumba mengalirkan udara pada kantung-kantung ini. Selain itu, kantung udara ini juga berperan sebagai alat pemfokus bunyi. Kemudian, bunyi ini dipancarkan ke segala arah secara terputus-putus.

Gelombang bunyi lumba-lumba akan dipantulkan kembali bila membentur suatu benda. Pantulan gelombang bunyi tersebut ditangkap di bagian rahang bawahnya yang disebut "jendela akustik". Dari bagian tersebut, informasi bunyi diteruskan ke telinga bagian tengah, dan akhirnya ke otak untuk diterjemahkan. Dengan cara tersebut, lumba-lumba mengetahui lokasi, ukuran, dan pergerakan mangsanya. Lumba-lumba juga mampu saling berkirim pesan walaupun terpisahkan oleh jarak lebih dari 220 km. Lumba-lumba berkomunikasi untuk menemukan pasangan dan saling mengingatkan akan bahaya.

Sumber : www.hngn.com.
Gambar 10.20 Sistem Sonar pada Lumba-Lumba

C. Aplikasi Getaran dan Gelombang dalam Teknologi

Ayo, Kita Pelajari

- Ultrasonografi
- Sonar

- Ultrasonografi
- Sonar
- Sonifikasi

Mengapa Penting?

Mempelajari materi ini akan membantumu memahami aplikasi konsep getaran dan gelombang pada teknologi dalam kehidupan sehari hari, sehingga dapat memotivasi kamu untuk ikut serta dalam mengembangkan teknologi tersebut.

Getaran dan gelombang memiliki banyak manfaat bagi kehidupan manusia. Berikut beberapa pemanfaatan gelombang dalam teknologi.

1. Ultrasonografi (USG)

Ultrasonografi (USG) merupakan teknik pencitraan untuk diagnosis dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Frekuensi yang digunakan berkisar antara 1-8 MHz. USG dapat digunakan untuk melihat struktur internal dalam tubuh, seperti tendon, otot, sendi, pembuluh darah, bayi yang berada dalam kandungan, dan berbagai jenis penyakit, seperti kanker.

Bagaimana gelombang bunyi dapat menghasilkan gambar? Proses pembentukan gambar dari bunyi dilakukan dengan tiga tahapan, yaitu pemancaran gelombang, penerimaan gelombang pantul, dan interpretasi gelombang pantul. Alat USG akan memancarkan berkas gelombang ultrasonik ke jaringan tubuh menggunakan alat pemancar sekaligus penerima gelombang yang disebut transduser (Gambar 10.21a). Gelombang yang dipancarkan akan dipantulkan sebagian oleh jaringan tubuh dengan besar yang beragam, baik jangka waktu pantulan dan besar kecilnya gelombang yang dipantulkan. Gelombang yang dipantulkan oleh jaringan tubuh selanjutnya diterima oleh transduser. Selanjutnya transduser akan mengubah gelombang yang diterima menjadi sinyal listrik, kemudian dihantarkan menuju komputer. Komputer selanjutnya akan memeroses dan mengubah sinyal listrik menjadi gambar.

(a)

(b)

(c)

Sumber: (a) en.wikipedia.org, (b) www.brooksidepress.org, (c) mirror-au-nsw1.gallery.hd.org

Gambar 10.21 (a) Transduser USG, (b) Komputer Pemroses Hasil USG, (c) Hasil USG Bayi

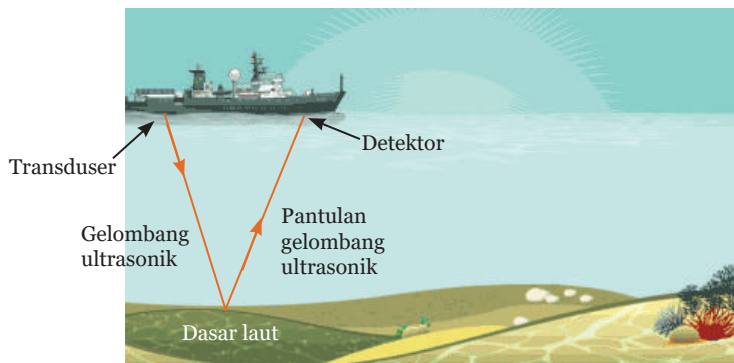
2. Sonar

Sonar (*Sound Navigation and Ranging*) dapat digunakan untuk menentukan kedalaman dasar lautan yang diperoleh dengan cara memancarkan bunyi ke dalam air. Gelombang bunyi akan merambat menurut garis lurus hingga mengenai sebuah penghalang, misalnya dasar laut. Ketika gelombang bunyi mengenai penghalang, sebagian gelombang itu akan dipantulkan kembali ke kapal sebagai gema. Waktu yang dibutuhkan gelombang bunyi untuk bergerak turun ke dasar dan kembali ke atas diukur dengan cermat.

Data waktu dan cepat rambat bunyi di air laut dapat digunakan untuk menghitung jarak kedalaman laut dengan menggunakan persamaan:

$$s = \frac{v \times t}{2}$$

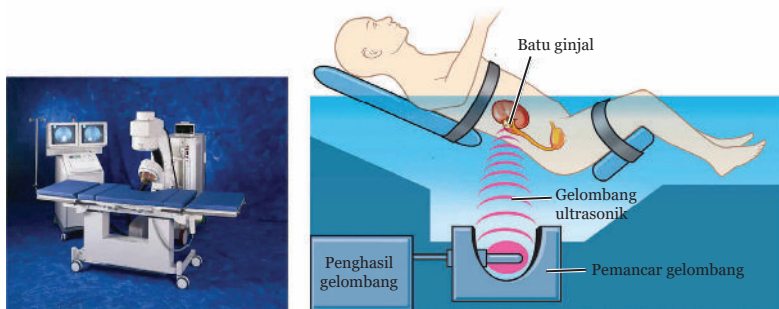
dengan:
s = Kedalaman lautan
v = Kecepatan gelombang ultrasonik
t = Waktu tiba gelombang ultrasonik

Perhatikan Gambar 10.22! Untuk mengukur kedalaman laut, diperlukan transduser dan detektor. Transduser akan mengubah sinyal listrik menjadi gelombang ultrasonik yang dipancarkan ke dasar laut. Pantulan dari gelombang tersebut akan menimbulkan efek gema (*echo*) dan dipantulkan kembali ke kapal, kemudian ditangkap detektor.

Sumber : www.meritnation.com

Gambar 10.22 Mengukur Kedalaman Laut

Sistem penerima pada kapal akan melakukan penghitungan mengenai jarak objek, dengan menggunakan rumus yang telah kamu pelajari sebelumnya. Selain untuk mengukur kedalaman laut, sonar juga banyak digunakan nelayan modern untuk menentukan lokasi di mana ikan berada, kondisi ombak, dan kecepatan arus air laut. Tahukah kamu bahwa sonar ternyata menirukan proses lumba-lumba dalam mencari mangsanya yang telah digunakan lumba-lumba sejak jutaan tahun lalu? Menakjubkan bukan? Mustahil seekor binatang mampu memiliki sistem sedemikian menakjubkan atas kehendaknya sendiri. Sistem tak tertandingi pada lumba-lumba adalah bukti bahwa Tuhan Maha Kuasa dan telah menciptakan hewan tersebut begitu sempurna.

3. Terapi Ultrasonik

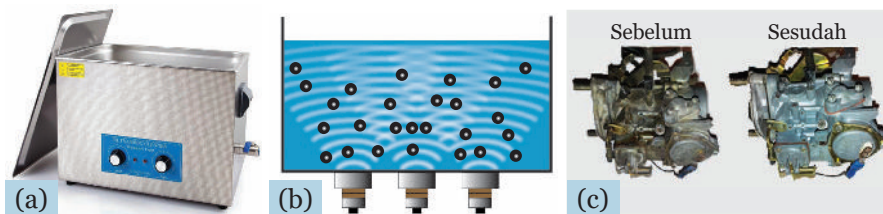
Terapi ultrasonik merupakan terapi yang menggunakan gelombang ultrasonik untuk keperluan medis. Metode yang digunakan yaitu dengan memancarkan gelombang dengan frekuensi tinggi (800-2.000 kHz) pada jaringan tubuh. Beberapa bentuk terapi ultrasonik misalnya terapi fisik, yang biasa digunakan untuk menangani keseleo pada ligamen, keseleo pada otot, tendonitis, inflamasi sendi, dan osteoartritis. Selain itu, tingginya energi gelombang ultrasonik, juga dapat digunakan untuk memecah endapan batu pada penderita batu ginjal atau yang dikenal dengan lithotripsi. Perhatikan Gambar 10.23!

Sumber : biology-forum.com

Gambar 10.23 Terapi Batu Ginjal dengan Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik juga dapat digunakan untuk membersihkan gigi dan penanganan penyakit katarak. Ultrasonik juga dapat dimanfaatkan untuk mengantarkan obat tertentu secara efektif pada suatu organ yang terkena penyakit, misalnya mengantarkan obat kemoterapi terhadap sel-sel kanker dalam otak. Masih banyak lagi manfaat ultrasonik untuk terapi. Agar kamu dapat menguasai dan memanfaatkan dengan baik, kamu harus rajin belajar dan pantang menyerah!

4. Pembersih Ultrasonik

Pernahkah kamu mendengar pembersih ultrasonik? Pembersih ultrasonik merupakan alat yang menggunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi antara 20-400 KHz dan cairan pembersih tertentu (dapat juga menggunakan air biasa), untuk membersihkan suatu benda. Benda-benda yang biasa dibersihkan menggunakan alat pembersih ultrasonik seperti, perhiasan, lensa, jam tangan, alat bedah, alat musik, alat laboratorium, dan alat-alat elektronik tertentu.

Pembersih ultrasonik akan menghasilkan gelembung-gelembung cairan pembersih yang terbentuk akibat adanya gelombang ultrasonik bertekanan tinggi. Pergerakan gelembung cairan menghasilkan gaya yang besar untuk melepaskan kotoran seperti debu, minyak, cat, bakteri, dan jamur yang melekat pada suatu benda. Gelembung cairan mampu masuk ke dalam lubang-lubang kecil yang sulit dibersihkan dengan cara biasa, sehingga untuk membersihkannya tidak perlu dilakukan pembongkaran.

Sumber : (a) www.diytrade.com, (b) www.ctgclean.com, (c) garwvalleymc.co.uk

Gambar 10.24 (a) Alat Pembersih Ultrasonik, (b) Gelombang dan Gelembung dalam Pembersih Ultrasonik, (c) Mesin yang Dibersihkan dengan Alat Pembersih Ultrasonik

5. Sonifikasi

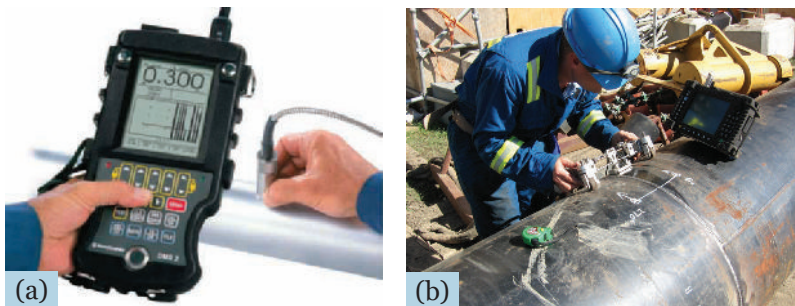
Sonifikasi (*sonification*) adalah proses pemberian energi gelombang ultrasonik pada suatu bahan (larutan atau campuran), sehingga bahan tersebut dapat dipecah menjadi bagian yang sangat kecil. Di dalam laboratorium, sonifikasi dilakukan dengan bantuan alat yang disebut sonikator. Pada alat pembuatan kertas, juga terdapat alat yang memancarkan gelombang ultrasonik pada serat selulosa, sehingga tersebar lebih merata dan menjadikan kertas lebih kuat.

Sumber: www.laboratory-equipment.com

Gambar 10.25 Sonikator

Sonifikasi dapat digunakan untuk produksi nanopartikel, seperti nanoemulsi dan nanokristal. Sonifikasi juga dapat mempercepat ekstraksi (pengambilan) minyak dari dalam jaringan tumbuhan dan pemurnian minyak bumi. Pada aplikasi biologis, sonifikasi sering digunakan untuk merusak atau menonaktifkan material organik. Misalnya, untuk merusak membran sel dan melepaskan isi selulernya atau yang dikenal dengan istilah sonoporasi.

6. Pengujian Ultrasonik

Pengujian ultrasonik (*ultrasonic testing*) merupakan teknik pengujian yang berdasarkan pada penyaluran gelombang ultrasonik pada objek atau material yang diuji. Gelombang yang digunakan memiliki frekuensi sekitar 0,1 - 15 Mhz. Dengan menggunakan teknik pantulan gelombang ultrasonik yang dipancarkan ke dalam benda, kerusakan pada bagian dalam benda, ketebalan, dan karakteristiknya dapat dideteksi, misalnya kerusakan akibat korosi pada logam.

Sumber : (a) www.truvue-it.com, (b) en.wikipedia.org

Gambar 10.26 (a) Alat Uji Ultrasonik, (b) Teknisi Menguji Kebocoran pada Pipa Besi Menggunakan Alat Uji Ultrasonik

Pengujian ultrasonik banyak dilakukan dalam produksi logam baja dan aluminium, produksi pesawat, automotif, dan industri lainnya. Perhatikan Gambar 10.26! Penggunaan alat uji ultrasonik banyak memiliki keunggulan, antara lain memiliki daya yang tinggi untuk menembus suatu bahan, memiliki sensitivitas yang tinggi, akurat, tidak berbahaya, dan mudah dibawa.

Ayo, Kita Renungkan

Tuhan menciptakan beragam karakteristik mengagumkan pada setiap makhluknya, sesuai dengan kebutuhannya. Misalnya, kelelawar memiliki sistem sonar yang mampu mendeteksi keberadaan benda di sekitarnya, sehingga ia dapat terbang di tempat yang gelap tanpa menabrak benda lain. Lumba-lumba dan paus yang hidup di laut memiliki sonar untuk mendeteksi keberadaan sumber makanan. Anjing dengan kemampuan mendengar suara ultrasonik dapat membantu manusia untuk menjaga rumah dari tindakan kejahatan. Teknologi sonar yang diterapkan pada kapal laut dan alat ultrasonografi (USG) dikembangkan dengan meniru sistem sonar yang dimiliki oleh ikan paus dan kelelawar sehingga mendatangkan banyak manfaat bagi manusia.

Bagaimana dengan tubuh kita? Apakah di tubuh kita juga menerapkan prinsip getaran dan gelombang? Tubuh kita memiliki organ yang disebut telinga. Telinga memiliki tiga bagian yakni telinga luar, tengah, dan dalam yang disusun sangat kompleks, sehingga kita dapat mendengar suara. Oleh karena itu, tidak ada ciptaan Tuhan yang sia-sia. Agar dapat merenungkan apakah kamu sudah bersyukur dan menjaga organ telinga jawablah beberapa pertanyaan berikut ini dengan memberi tanda centang (√) pada kolom "ya"atau "tidak"!

Tabel 10.5 Pertanyaan untuk Refleksi Terkait Getaran, Gelombang, dan Sistem Pendengaran pada Makhluk Hidup

No	Pertanyaan	Ya	Tidak
1	Apakah kamu mensyukuri keistimewaan penciptaan sistem sonar pada hewan, sehingga dapat diterapkan dalam berbagai teknologi?		
2	Apakah kamu terinspirasi untuk menciptakan teknologi tepat guna yang menerapkan konsep bunyi?		
3	Apakah kamu rutin membersihkan telinga dengan benar?		
4	Apakah kamu rutin memeriksakan kondisi telinga ke dokter atau ahli telinga-hidung-tenggorokan (THT)?		
5	Apakah kamu mampu menerapkan cara menghitung kedalaman laut atau jarak antartebing dengan memanfaatkan bunyi?		

Coba kamu hitung, berapa total skormu dengan ketentuan:

- Jawaban "ya" mendapat skor 2 (dua)
- Jawaban "tidak" mendapat skor 0 (nol)

Bandingkan total skormu dengan kriteria berikut.

- Skor 0 - 3 : berarti kamu memiliki sikap yang kurang baik dalam mempraktikkan konsep getaran dan bunyi.
- Skor 4 - 6 : berarti kamu memiliki sikap yang baik dalam mempraktikkan konsep getaran dan bunyi.
- Skor 7 - 10 : berarti kamu memiliki sikap yang sangat baik dalam mempraktikkan konsep getaran dan bunyi.

Untuk kamu yang memiliki sikap yang kurang baik terhadap penerapan materi getaran dan gelombang serta dalam menjaga kesehatan indra pendengaranmu, sebaiknya terus berusaha untuk meningkatkan motivasimu dalam belajar.

Info Tokoh

Tsabit bin Qurrah
Menemukan teori tentang getaran
901 M
936-1013 M
Al-Zahrawi
Perintis ilmu penyakit telinga dan menemukan peralatan untuk memeriksa telinga
1602 M
Galileo Galilei
Menemukan prinsip periode pendulum adalah konstan
1650 M
Christian Huygens
Menemukan cara untuk menghubungkan ayunan teratur sebuah bandul dengan peralatan jarum jam detak-detak tetap
1842 M
Christian Andreas Doppler
Penemu prinsip Efek Doppler
1875 M
Alexander Graham Bell
Penemu Alat yang dapat mengenali bunyi suara (Telepon)
1857-1894 M
Heinrich Rudolf Hertz
Menemukan dalam waktu satu detik (1 Hertz = 1 gelombang per detik)
1915 M
Paul Langevin
Menemukan alat sonar pertama untuk mendeteksi kapal selam dengan menggunakan sifat-sifat piezoelektrik kuartz

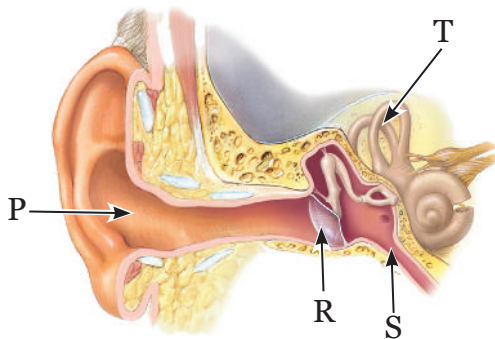
Rangkuman

- Mendengar adalah kemampuan untuk mendeteksi vibrasi mekanis yang disebut suara.
- Organ pendengaran pada manusia adalah telinga yang berfungsi menangkap gelombang suara dan memberikan rangsang pada sel saraf untuk diterjemahkan di otak.
- Telinga manusia dibagi menjadi 3 area, yaitu telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam.
- Getaran merupakan gerak bolak-balik melalui titik kesetimbangannya yang energinya akan merambat dalam bentuk gelombang.
- Gelombang-gelombang yang berbeda dapat memiliki periode, frekuensi, dan panjang gelombang yang berbeda.
- Berdasarkan arah rambatnya, gelombang dibedakan menjadi gelombang transversal dan gelombang longitudinal. Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatnya tegak lurus dengan arah getarnya. Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah rambatnya sejajar dengan arah getarnya.
- Telinga manusia mampu mendengar bunyi dengan frekuensi 20-20.000 Hz yang disebut bunyi audiosonik. Beberapa hewan dapat mendengar bunyi dengan frekuensi di bawah 20 Hz yang disebut bunyi infrasonik, dan bunyi dengan frekuensi di atas 20.000 Hz yang disebut bunyi ultrasonik.
- Resonansi adalah peristiwa ikut bergetarnya suatu benda karena benda lain yang memiliki frekuensi sama bergetar di sekitarnya.
- Sonar merupakan suatu sistem penggunaan gelombang ultrasonik untuk menaksirkan ukuran, bentuk, atau kedalaman yang biasa dipakai di kapal atau hewan tertentu seperti lumba-lumba dan kelelawar.

Getaran, Gelombang, dan Bunyi dalam Kehidupan Sehari-hari

- Getaran
  - memiliki: Frekuensi, Amplitudo, Periode
  - merambat: Gelombang
    - macam: Transversal (contoh: Gelombang Cahaya), Longitudinal (Gelombang Bunyi)
    - Gelombang Bunyi memiliki:
      - Pemantulan Bunyi — dibedakan: Gaung, Gema
      - Resonansi Bunyi
      - Warna Bunyi
      - Nada Bunyi
      - Frekuensi Bunyi: Infrasonik, Audiosonik, Ultrasonik
        - Ultrasonik → Sistem Sonar — dimanfaatkan: Ekolokasi, Mengukur Kedalaman Laut, Tes Ultrasonografi (USG)
- Sistem Pendengaran Manusia
  - Telinga — terdiri atas:
    - Telinga Luar — terdiri atas: Daun Telinga, Saluran Telinga
    - Telinga Tengah — terdiri atas: Gendang Telinga, Saluran Eustachius, Tulang Pendengaran
      - Tulang Pendengaran — terdiri atas: Martil, Landasan, Sanggurdi
    - Telinga Dalam — terdiri atas: Rumah Siput (Koklea), Organ Korti

A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Perhatikan gambar irisan telinga berikut ini! Gendang telinga, saluran eustachius, dan saluran setengah lingkaran ditunjukkan secara berturut-turut dengan huruf ....

Sumber: Campbell *et al.* 2008

A. P, S, dan R
B. P, R, dan T
C. R, S, dan T
D. P, S, dan T

2. Pada saat mendengar suara yang sangat keras, sebaiknya kita membuka mulut. Tujuan dari tindakan tersebut adalah ....
A. dapat bernapas lega
B. tekanan udara telinga tengah sama dengan telinga luar
C. suara dapat masuk ke rongga mulut
D. gelombang suara keras terpecah masuk ke dalam tubuh

3. Berikut ini adalah struktur yang terdapat dalam telinga manusia:
(1) daun telinga
(2) saluran telinga
(3) gendang telinga
(4) tulang sanggurdi
(5) tulang landasan
(6) tulang martil
(7) koklea
(8) saraf pendengaran

Setelah gelombang bunyi sampai di telinga, agar bunyi dapat didengar, getaran berturut-turut melalui struktur bernomor ....
A. (1)-(2)-(3)-(6)-(5)-(4)-(7)-(8)
B. (1)-(2)-(3)-(4)-(5)-(6)-(7)-(8)
C. (1)-(2)-(3)-(6)-(4)-(5)-(7)-(8)
D. (1)-(2)-(3)-(5)-(4)-(6)-(7)-(8)

4. Sebuah bandul digetarkan selama 1 menit sehingga menghasilkan 40 getaran. Periode bandul tersebut adalah ... sekon.
A. 1,5
B. 0,33
C. 0,25
D. 0,15

5. Perbedaan yang mendasar antara gelombang transversal dan gelombang longitudinal adalah ....
A. frekuensinya
B. amplitudonya
C. arah rambatnya
D. panjang gelombang

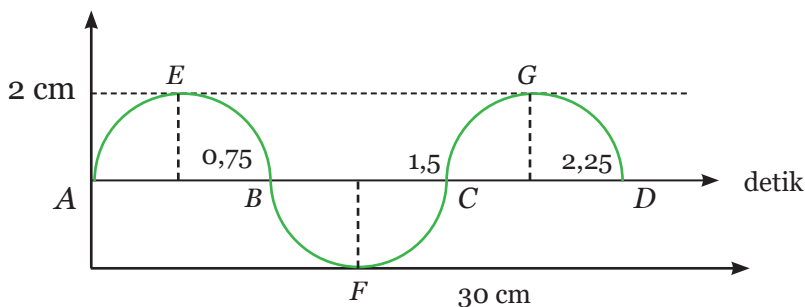
6. Sebuah gelombang merambat dengan kecepatan 340 m/s. Jika frekuensi gelombang adalah 50 Hz, panjang gelombang dari gelombang tersebut adalah ... m.
A. 6,8
B. 6,7
C. 6,6
B. 6,5

7. Perbedaan antara gema dan gaung terletak pada ....
A. jarak sumber bunyi dengan pendengar
B. jarak sumber bunyi dengan dinding pemantul
C. amplitudo dan frekuensinya
D. kelengkapan kata yang terdengar

8. Dari permukaan air laut, sinyal bunyi dikirim ke dasar laut. Sinyal tersebut diterima kembali setelah 12 sekon. Jika cepat rambat bunyi dalam air adalah 1.800 m/s, maka kedalaman laut di tempat itu adalah ... m.
A. 5.400
B. 8.100
C. 10.800
D. 21.600

9. Telinga manusia normal mampu mendengar bunyi yang memiliki frekuensi ... Hz.
   A. kurang dari 20
   B. lebih dari 20.000
   C. antara 20- 20.000
   D. lebih dari 200.000
10. Sebuah kolom udara memiliki panjang 40 cm. Jika garpu tala mempunyai frekuensi 320 Hz, maka besarnya cepat rambat gelombang bunyi di udara pada saat terjadi resonansi pertama adalah ... m/s.
   A. 511
   B. 512
   C. 513
   D. 515

B. Jawablah pertanyaan berikut ini dengan benar!

1. Perhatikan gambar berikut!

   a. Berapa jumlah gelombang pada gambar di atas?
   b. Tentukan amplitudo gelombang
   c. Tentukan periode gelombang
   d. Tentukan panjang gelombang
   e. Tentukan cepat rambat gelombang
   f. Tentukan jumlah gelombang selama dua menit
2. Saat cuaca mendung seorang anak mendengar bunyi guntur 1,5 detik setelah terlihat kilat. Jika cepat rambat bunyi di udara adalah 320 m/s, tentukan jarak sumber petir dari anak tersebut!

3. Sekarang ini banyak teknologi baru yang memanfaatkan sistem sonar. Menurut kamu adakah dampak negatif penggunaan sistem sonar ini dalam perkembangan teknologi?
4. Pernahkah kamu berdiri di trotoar jalan kemudian mendengar suara sirene mobil ambulans? Saat mobil berada di kejauhan bunyi sirene mobil terdengar pelan. Ketika mobil bergerak mendekati kamu, bunyi akan terdengar semakin keras kemudian bunyi sirene mobil akan terdengar melemah lagi setelah mobil menjauh. Dapatkah kamu menjelaskan mengapa bunyi sirene mobil berubah-ubah ketika mobil bergerak mendekati/menjauhi kamu?
5. Apabila kita menjatuhkan benda keras (misalnya batu atau besi) ke lantai, akan terdengar bunyi.
   a. Menurut pendapatmu, apakah bunyi dapat dipantulkan?
   b. Bedakan antara pemantulan bunyi di dalam ruangan kosong dengan pemantulan suara ketika berteriak pada dinding tebing!
   c. Apakah proses pemantulan bunyi dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari? Berikan contohnya!
   d. Bagaimana cara kerja sonar?

Ayo, Kita Kerjakan Proyek

Sistem Kerja Radar

- **Permasalahan**

Pernahkah kamu mendengar atau melihat radar? Radar sering digunakan di bidang cuaca, militer, kepolisian, pelayaran, dan penerbangan. Carilah informasi tentang radar yang meliputi sistem kerja dan manfaatnya di bidang-bidang tersebut dari berbagai sumber!

- **Perencanaan**

Buatlah kelompok kerja (3-5 orang per kelompok). Carilah informasi sebanyak dan sedetail mungkin tentang radar. Susun informasi tersebut dengan baik dalam bentuk makalah/poster dan presentasikan hasil kerja kelompokmu di depan kelas.

- **Pelaksanaan**

Lakukan kegiatan pencarian informasi tentang sistem kerja radar dan manfaatnya di berbagai bidang dengan kerja kelompok. Bertanyalah pada guru atau orangtuamu jika mengalami kesulitan. Presentasikan hasilnya tersebut di depan kelas.

- **Penilaian**

Penilaian dilakukan berdasarkan:

1. Produk berupa makalah atau poster tentang sistem kerja radar dan manfaat radar pada berbagai bidang.
2. Presentasi makalah atau poster tentang sistem kerja radar dan manfaat radar pada berbagai bidang.

11 Cahaya dan Alat Optik

Sumber: coversation.which.co.uk

Kamu dapat melihat alam sekitar dengan indra penglihat. Benda-benda di sekitarmu dapat dilihat karena benda tersebut memantulkan cahaya. Bagaimana cara matamu dapat melihat benda dan bagaimana cara benda memantulkan cahaya? Ayo, pelajari pada bab ini dengan semangat!

Maha Kuasa Tuhan yang telah menciptakan cahaya. Mungkin di antara kamu masih ada yang bertanya-tanya tentang cahaya, karena tidak mengetahui wujud dan tidak dapat memegang cahaya bukan? Cahaya tidak mempunyai wujud, namun cahaya ada di sekitar kamu dan dapat dirasakan keberadaannya. Cara paling mudah untuk merasakan cahaya adalah dengan menyalakan dan memadamkan lampu pada malam hari. Coba rasakan bagaimana pengaruh keberadaan cahaya terhadap proses penglihatan!

Perhatikan Gambar 11.1! Dengan adanya cahaya kamu dapat melihat indahnya ciptaan Tuhan, mulai dari wajah teman-temanmu, berbagai jenis bunga dan hewan, pemandangan alam, atau lukisan yang dibuat oleh seorang seniman.

(a)

(b)

Sumber: (a) www.gardeningknowhow.com. (b) www.bambaexperience.com

Gambar 11.1 (a) Berbagai Bunga, (b) Pemandangan Alam Gunung Bromo

Bayangkan jika tidak ada cahaya, kita hanya akan mengalami kegelapan selama kita hidup dan tidak dapat melihat indahnya ciptaan Tuhan. Kita wajib bersyukur kepada Tuhan atas karunia cahaya yang diberikan kepada kita. Mengapa cahaya dapat membantu kita melihat? Bagaimana proses melihat dengan adanya cahaya tersebut? Agar mengetahuinya, ayo kita pelajari materi ini dengan penuh semangat!

A. Sifat Cahaya dan Proses Pembentukan Bayangan

Ayo, Kita Pelajari

- Sifat-sifat cahaya
- Pembentukan bayangan pada cermin
- Lensa

Istilah Penting

- Hukum pemantulan cahaya
- Gelombang elektromagnetik
- Pembiasan
- Konvergen
- Divergen
- Titik fokus

Mengapa Penting?

Mempelajari materi ini akan membantumu memahami sifat cahaya dan proses pembentukan bayangan pada cermin dan lensa, sehingga kamu dapat memahami prinsip kerja alat-alat optik.

1. Sifat-Sifat Cahaya

Kamu perlu mengetahui dan memahami sifat-sifat cahaya agar dapat mengenali cahaya. Cahaya memiliki beberapa sifat, yaitu merambat lurus, dapat dipantulkan, dapat dibiaskan, dan merupakan gelombang elektromagnetik.

a. Cahaya Merambat Lurus

Pernahkah kamu menyalakan lilin atau lampu di tempat gelap? Jika lilin atau lampu dinyalakan akan dihasilkan cahaya yang dapat menerangi tempat yang gelap. Tahukah kamu bagaimanakah arah rambatan cahaya tersebut? Agar mengetahuinya lakukan kegiatan berikut!

Ayo, Kita Lakukan

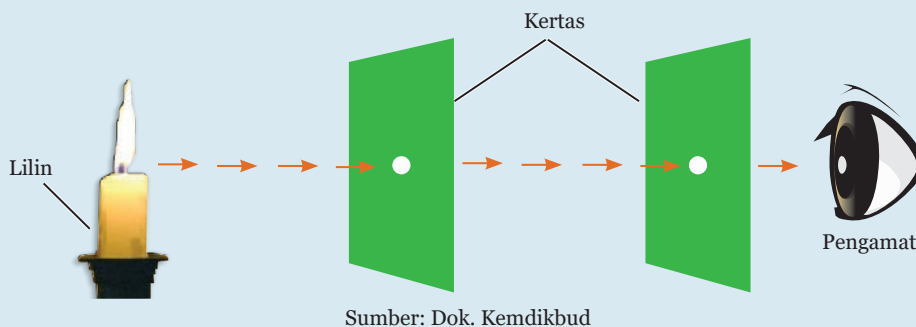
Aktivitas 11.1 Perambatan Cahaya

Apa yang kamu perlukan?

1. Lampu atau lilin
2. Kertas
3. Gunting

Apa yang harus kamu lakukan?

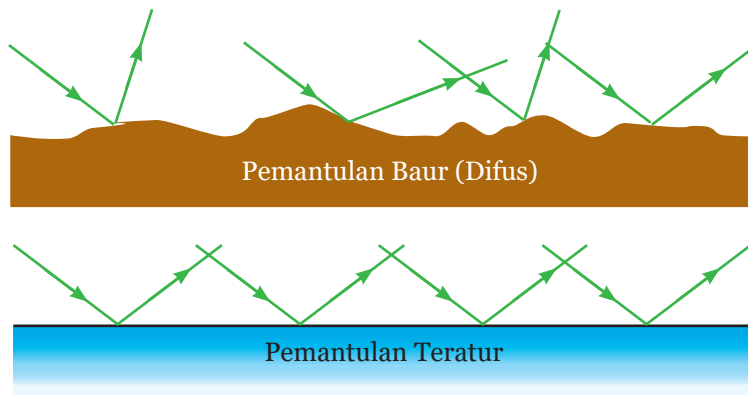
1. Lakukan percobaan ini di tempat gelap atau remang-remang.
2. Lubangi kertas pada bagian tengahnya!
3. Susunlah set percobaan seperti pada Gambar 11.2. Mintalah bantuan temanmu untuk memegang kertas!
4. Nyalakan lampu/lilin. Amati nyala lilin tersebut dengan posisi lubang pada kedua kertas dalam satu garis lurus dengan mata seperti pada Gambar 11.2!
5. Apa yang terjadi jika kedua lubang pada kertas tersebut dan mata tidak berada dalam satu garis lurus?

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.2 Set Percobaan Perambatan Cahaya

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

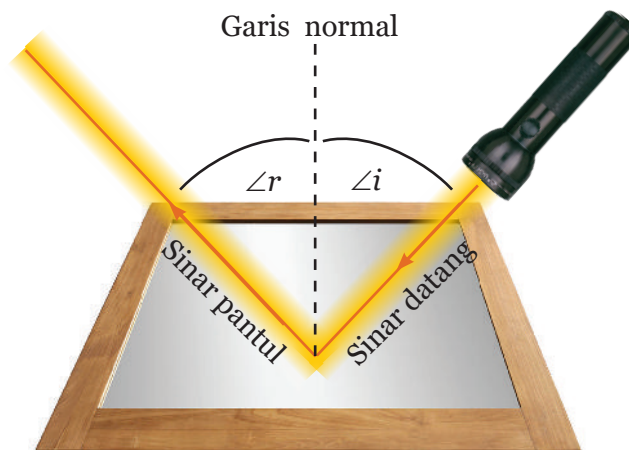
b. Cahaya dapat Dipantulkan

Apakah kamu dapat membedakan benda-benda berdasarkan warnanya? Apa yang menyebabkan demikian? Cahaya memiliki sifat dapat dipantulkan jika menumbuk suatu permukaan bidang. Pemantulan yang terjadi dapat berupa pemantulan baur dan pemantulan teratur. Pemantulan baur terjadi jika cahaya dipantulkan oleh bidang yang tidak rata, seperti aspal, tembok, dan batang kayu. Pemantulan teratur terjadi jika cahaya dipantulkan oleh bidang yang rata, seperti cermin datar. Pada pemantulan baur dan pemantulan teratur, sudut pantulan cahaya besarnya selalu sama dengan sudut datang cahaya (perhatikan Gambar 11.3).

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.3 Pemantulan Baur dan Pemantulan Teratur

Hal tersebut adalah sesuai dengan hukum pemantulan cahaya yang dikemukakan oleh Snellius. Snellius menambahkan konsep garis normal yang merupakan garis khayal yang tegak lurus dengan bidang pantul. Garis normal berguna untuk mempermudah kamu menggambarkan pembentukan bayangan oleh cahaya. Snellius mengemukakan bahwa:

(1) Sinar datang garis normal, dan sinar pantul terletak pada satu bidang datar.

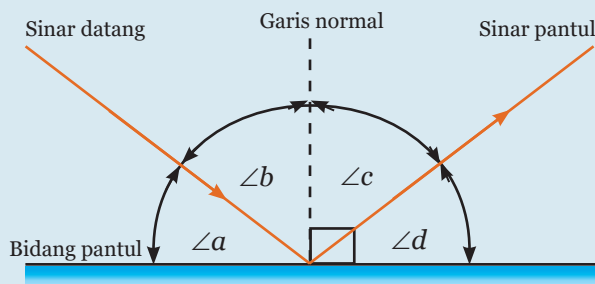
(2) Besar sudut datang sama dengan besar sudut pantul ($\angle i = \angle r$).

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.4 Proses Pemantulan Cahaya pada Cermin Datar

Kemampuan kamu untuk membedakan warna, tidak terlepas dari sifat cahaya. Cahaya yang mengenai benda sebagian akan dipantulkan ke mata dan sebagian lagi akan diserap benda sebagai energi. Misalnya

cahaya yang mengenai benda terlihat berwarna merah. Hal ini berarti spektrum cahaya merah akan dipantulkan oleh benda, sedangkan spektrum warna lainnya akan diserap oleh benda tersebut.

Ayo, Kita Selesaikan

1. Pada gambar di bawah ini, manakah yang menunjukkan sudut datang dan sudut pantul?

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.5 Posisi Sudut Datang dan Sudut Pantul

2. Jika sudut datang sebesar 30°, berapakah besar sudut pantul yang terbentuk?

c. Cahaya dapat Dibiaskan

Bagaimana cahaya dapat dibiaskan? Untuk mengetahuinya ayo lakukan aktivitas berikut.

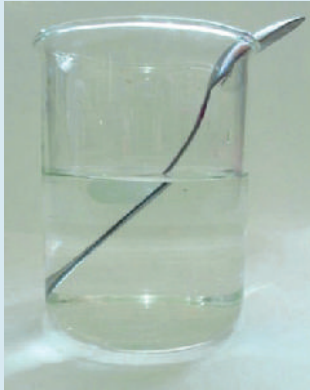
Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 11.2 Mengapa Sendok Terlihat Bengkok?

Apa yang kamu perlukan?

1. Sendok
2. Air
3. Gelas kimia, jika tidak ada gunakan gelas bening

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Isi gelas dengan air hingga terisi $\frac{3}{4}$ gelas!
2. Masukkan sendok ke dalam air dengan posisi seperti pada Gambar 11.6!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.6 Set Percobaan Pembiasan

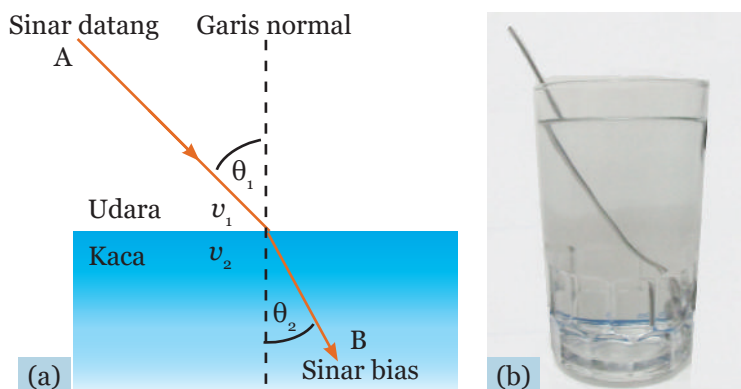
3. Amati bentuk sendok yang berada di atas air dan di dalam air!

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Apa yang terjadi pada sendok? Mengapa peristiwa tersebut dapat terjadi? Jelaskan!
2. Mengapa cahaya dibiaskan saat melalui medium yang berbeda kerapatannya?
3. Gambarkan diagram yang dapat menjelaskan proses terjadinya pembiasan pada sendok!

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Cahaya akan dibiaskan ketika melalui dua medium yang memiliki kerapatan optik yang berbeda. Kecepatan cahaya akan menurun saat dari udara memasuki air atau medium yang lebih rapat. Semakin besar perubahan kecepatan cahaya saat melalui dua medium yang berbeda, akan semakin besar pula efek pembiasan yang terjadi. Namun, pembiasan tidak akan terjadi saat cahaya masuk dengan posisi tegak lurus bidang batas kedua medium.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.7 (a) Pembiasan Berkas Cahaya, (b) Pembiasan pada Sendok di dalam Gelas Berisi Air

Ayo, Kita Pahami

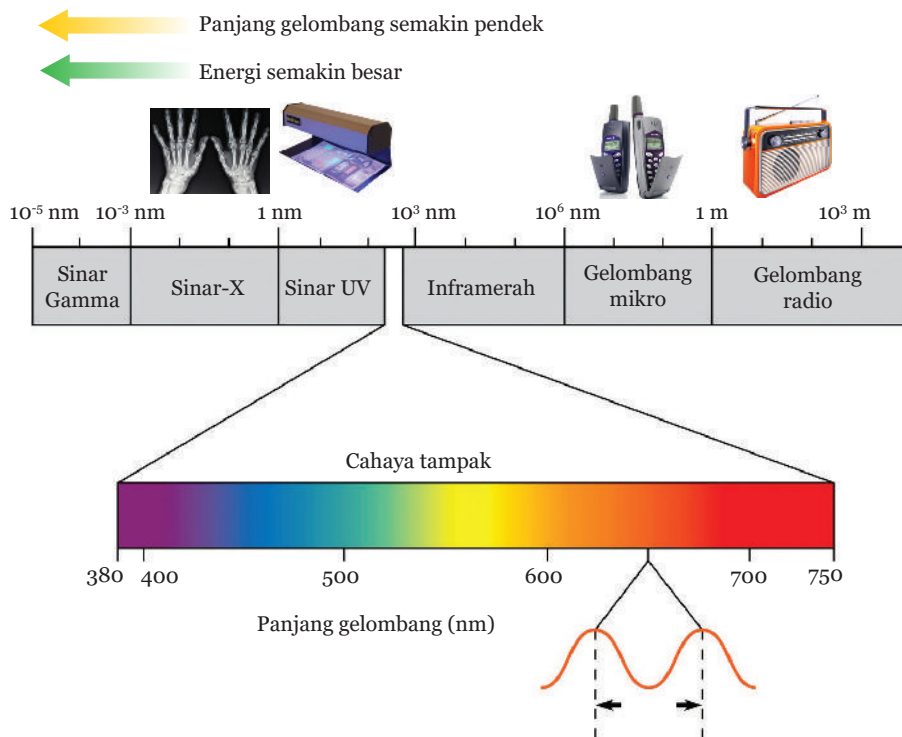
Kamu pasti pernah melihat bayang-bayang benda. Apa sebenarnya bayang-bayang itu? Bayang-bayang terjadi sebagai akibat cahaya merambat pada garis lurus. Bayang-bayang merupakan suatu daerah gelap yang terbentuk pada saat sebuah benda menghalangi cahaya yang mengenai suatu permukaan. Jika sumber cahaya cukup besar, bayang-bayang sering terdiri atas dua bagian.

Apabila cahaya tersebut terhalang seluruhnya, terbentuklah umbra, yaitu bagian pertama bayang-bayang yang sangat gelap. Daerah di luar umbra menerima sebagian cahaya, terbentuklah penumbra, yaitu bagian kedua bayang-bayang yang terletak di luar umbra dan tampak berwarna abu-abu kabur.

d. Cahaya merupakan Gelombang Elektromagnetik

Bayangkan saat ini kamu sedang berdiri di tepi pantai. Pada saat itu kamu melihat ombak yang sangat besar sedang melaju menuju ke arah kamu. Deburan ombak tersebut hanya memindahkan sejumlah energi dengan memindahkan mediumnya (air laut) karena angin. Hal ini dibuktikan dengan terdengarnya suara ombak (energi gerak menjadi bunyi). Berbeda dengan gelombang laut, cahaya dapat mentransfer energi dari satu tempat ke tempat lainnya tanpa menggunakan

medium. Gelombang cahaya terbentuk karena adanya perubahan medan magnet dan medan listrik secara periodik, sehingga merupakan gelombang elektromagnet.

Salah satu fenomena yang dapat membuktikan bahwa cahaya itu mampu mentransfer energi adalah saat lilin yang dinyalakan di sebuah ruang yang gelap dan kemudian lilin tersebut dapat menerangi ruangan. Contoh lainnya adalah matahari yang memancarkan gelombang cahayanya melalui ruang angkasa (tanpa medium). Gelombang cahaya matahari memancar ke segala arah sampai ke bumi meskipun melalui ruang hampa udara. Hal ini berarti gelombang cahaya dapat merambat pada ruang kosong (hampa udara) tanpa adanya materi. Berdasarkan frekuensinya, gelombang elektromagnetik ada bermacam-macam. Berikut klasifikasi gelombang elektromagnetik yang dikenal dengan spektrum elektromagnetik.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.8 Spektrum Elektromagnetik

Sinar yang dapat dilihat oleh mata manusia adalah bagian yang sangat kecil dari spektrum elektromagnetik. Agar mudah memahaminya, perhatikan Gambar 11.8 yang menunjukkan spektrum cahaya tampak. Cahaya tampak adalah cahaya yang memiliki panjang

gelombang elektromagnetik yang dapat dideteksi oleh mata manusia. Panjang gelombang cahaya tampak berkisar antara 400 nm sampai 700 nm, yang besarnya seratus kali lebih kecil daripada lebar rambut manusia. Warna cahaya yang dapat kamu lihat tergantung pada panjang gelombang dari gelombang cahaya yang masuk ke mata.

Misalnya seperti cahaya hijau yang memiliki panjang gelombang sekitar 500 nm akan dapat terlihat apabila benda-benda yang berwarna hijau menyerap semua spektrum cahaya yang memiliki panjang gelombang kurang dari 500 nm dan lebih dari 500 nm, serta hanya memantulkan spektrum cahaya yang memiliki panjang gelombang 500 nm saja. Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa sebuah benda hanya akan memantulkan spektrum cahaya yang warnanya sama dengan warna permukaan benda tersebut, sehingga kita dapat mengindrai dengan tepat warna-warna benda tersebut.

Ayo, Kita Selesaikan

Setelah kamu mengamati Gambar 11.8 tentang spektrum elektromagnetik, berapakah panjang gelombang cahaya merah dan biru?

2. Pembentukan Bayangan pada Cermin

Salah satu kegiatan yang mungkin kamu lakukan sebelum berangkat ke sekolah adalah berdiri di depan cermin, untuk melihat apakah kamu sudah rapi atau belum. Bahkan sering kali dalam perjalanan, kamu ditemani cermin. Tahukah kamu bahwa cermin yang kamu pakai untuk berkaca setiap hari adalah sebuah cermin datar? Jika seberkas cahaya mengenai cermin datar maka cahaya tersebut dipantulkan secara teratur. Peristiwa pemantulan cahaya pada cermin datar menyebabkan pembentukan bayangan benda oleh cermin.

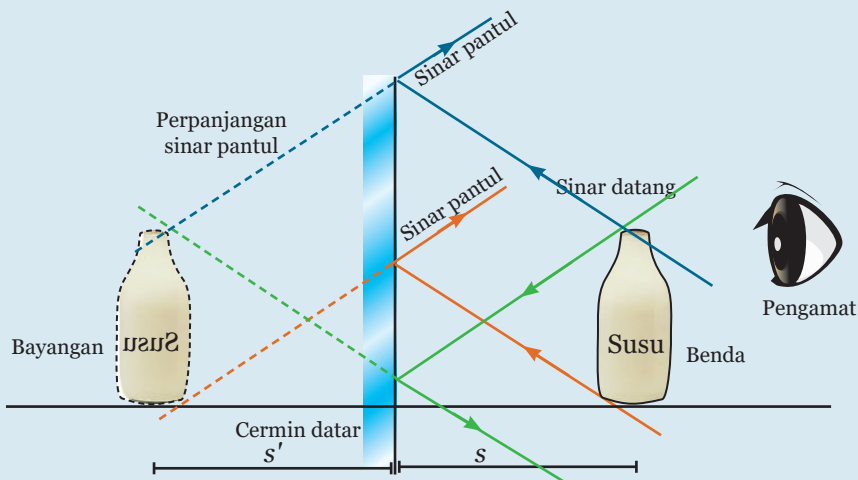
Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 11.3 Pembentukan Bayangan oleh Cermin Datar

Apa yang kamu perlukan?

1. Cermin datar minimal berukuran 30 cm × 30 cm.
2. Pensil, pulpen, buku, botol kecil, atau benda lainnya yang ada di sekitar kamu.

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Letakkan benda, misal botol kecil 15 cm di depan cermin datar!
2. Amati bayangan yang terjadi pada cermin!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.9 Bayangan yang Terbentuk pada Cermin Datar

Lakukan percobaan ini dengan cermat dan teliti agar kamu dapat memahami pembentukan bayangan pada cermin datar. Selain itu, jangan lupa bekerja sama dan berbagi tugaslah dengan teman satu kelompokmu.

Apa yang perlu kamu diskusikan?

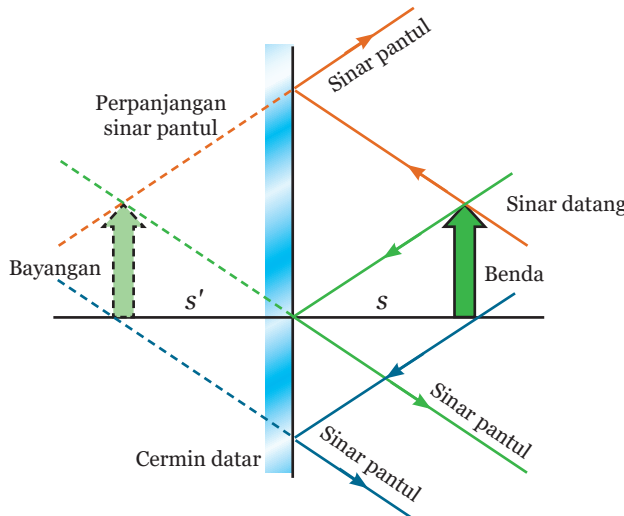
1. Dimanakah letak bayangan yang dapat kamu amati pada cermin?
2. Bagaimanakah ukuran bayangan jika dibandingkan dengan ukuran benda?

3. Bandingkan jarak benda terhadap cermin dan jarak bayangan terhadap cermin!

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

a. Pembentukan Bayangan pada Cermin Datar

Pada saat menentukan bayangan pada cermin datar melalui diagram sinar, titik bayangan adalah titik potong berkas sinar-sinar pantul. Bayangan bersifat nyata apabila titik potongnya diperoleh dari perpotongan sinar-sinar pantul yang konvergen (mengumpul). Sebaliknya, bayangan bersifat maya apabila titik potongnya merupakan hasil perpanjangan sinar-sinar pantul yang divergen (menyebar).

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.10 Pembentukan Bayangan pada Cermin Datar

dengan:

s = Jarak benda terhadap cermin

s' = Jarak bayangan terhadap cermin

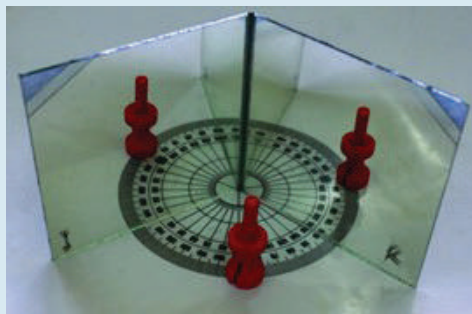
Bayangan pada cermin datar bersifat maya. Titik bayangan dihasilkan dari perpotongan sinar-sinar pantul yang digambarkan oleh garis putus-putus.

Untuk melukis pembentukan bayangan pada cermin datar dengan diagram sinar, ikutilah langkah-langkah berikut ini.

1. Lukis sebuah sinar dari benda menuju cermin dan dipantulkan ke mata, sesuai hukum pemantulan cahaya, yaitu sudut sinar datang sama dengan sudut sinar pantul.
2. Lukis sinar kedua sebagaimana langkah pertama.
3. Lukis perpanjangan sinar-sinar pantul tersebut di belakang cermin sehingga berpotongan. Perpotongan sinar-sinar pantul tersebut merupakan bayangan benda.
4. Jika diukur dari cermin, jarak benda terhadap cermin (s) harus sama dengan jarak bayangan terhadap cermin (s').

Tahukah Kamu?

Pernahkah kamu mendengar istilah "cermin seribu bayangan"? Wahana ini biasanya ada di tempat-tempat wisata. Melalui cermin tersebut kamu dapat melihat secara langsung jumlah bayangan yang begitu banyak ketika kamu berada di antara dua cermin datar saling berhadapan dengan sudut tertentu.

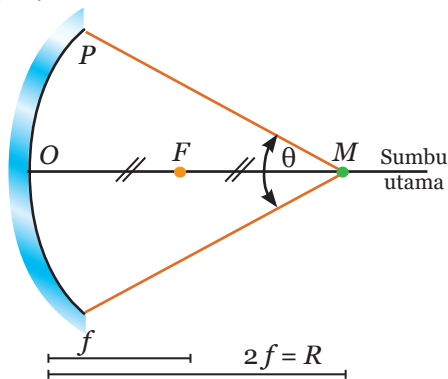
Nah, bagaimana hal ini dapat terjadi? Apabila dua buah cermin datar diletakkan saling berhadapan (bagian depan cermin menghadap ke ruang yang sama) dan mengapit besar sudut tertentu, maka kedua cermin ini akan membentuk bayangan yang banyaknya bergantung pada besar sudut antara kedua cermin. Agar kamu dapat memahami penjelasan di atas, perhatikan Gambar 11.11, kemudian lakukan percobaannya!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.11 Pembentukan pada Dua Buah Cermin Datar

b. Pembentukan Bayangan pada Cermin Lengkung

Pernahkah kamu mengamati kaca spion yang dipasang di kendaraan? Kaca yang dipasang pada spion adalah contoh dari cermin lengkung. Cermin lengkung adalah cermin yang permukaannya melengkung. Ada dua jenis cermin lengkung sederhana yaitu cermin silinder dan cermin bola. Pada subbab ini, kamu hanya akan mempelajari cermin bola (kelengkungannya merupakan bagian dari kelengkungan bola). Khususnya tentang cermin cekung dan cembung.

Cermin cekung dan cembung irisan permukaannya berbentuk bola. Cermin yang irisan permukaan bola bagian mengilapnya terdapat di dalam disebut cermin cekung, sedangkan cermin yang irisan permukaan bola bagian mengkilapnya terdapat di luar disebut cermin cembung. Agar dapat memahami unsur-unsur pada cermin cekung dan cembung, perhatikan Gambar 11.12.

Bagian *M* adalah titik pusat kelengkungan cermin, yaitu titik pusat bola. Titik tengah cermin adalah *O*. Sumbu utama yaitu, *OM*, garis yang menghubungkan titik *M* dan *O*. Sudut *POM* adalah sudut buka cermin jika titik *P* dan *M* adalah ujung-ujung cermin. Berdasarkan Gambar 11.12, maka kita dapat menentukan unsur-unsur cermin lengkung, yaitu sebagai berikut.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.12 Penampang Melintang Cermin Lengkung

a) Pusat kelengkungan cermin

Pusat kelengkungan cermin merupakan titik di pusat bola yang diiris menjadi cermin. Pusat kelengkungan cermin biasanya disimbolkan dengan *M*.

b) Vertex

Vertex merupakan titik di permukaan cermin dimana sumbu utama bertemu dengan cermin dan disimbolkan dengan *O*.

c) Titik api (fokus)

Titik api adalah titik bertemunya sinar-sinar pantul yang datangnya sejajar dengan sumbu utama (terletak antara vertex dan pusat) dan disimbolkan dengan *F*.

d) Jari-jari kelengkungan cermin

Jari-jari kelengkungan cermin adalah jarak dari vertex (O) ke pusat kelengkungan cermin (M). Jari-jari kelengkungan cermin biasanya disimbolkan dengan R.

e) Jarak fokus

Jarak fokus cermin adalah jarak dari vertex ke titik api dan disimbolkan dengan f.

1) Cermin Cekung

Sebelum kamu mempelajari cermin cekung, ayo lakukan aktivitas berikut terlebih dahulu!

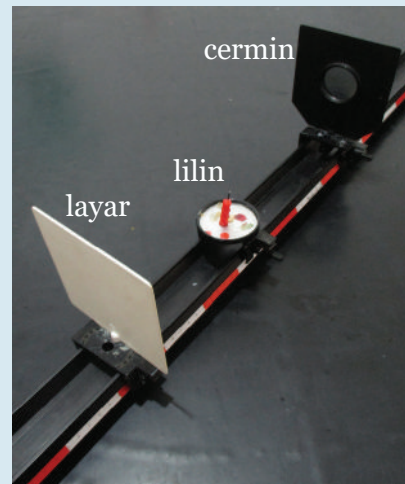
Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 11.4 Pembentukan Bayangan oleh Cermin Cekung

Apa yang akan kamu lakukan?

Mempelajari hubungan antara titik fokus, jarak benda, dan jarak bayangan pada cermin cekung.

Apa yang kamu perlukan?

1. Penjepit rel sebagai pemegang alat di atas rel presisi 5 buah
2. 1 buah lampu dengan tiang/ 1 batang lilin
3. 1 buah cermin cekung
4. Layar putih
5. Bangku optik
6. Penggaris

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.13 Set Percobaan Cermin Cekung

Keterangan: Alat-alat untuk percobaan ini dapat diperoleh pada KIT Optika.

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Letakkan lilin di bangku optik (rel) di antara cermin cekung dan layar putih. Perhatikan Gambar 11.13!
2. Geser-geserlah letak layar sepanjang mistar bangku optika (rel) hingga diperoleh bayangan yang jelas pada layar putih.
3. Ukur jarak layar dari cermin (sebagai s') dan jarak lilin dari cermin (sebagai s).
4. Catat hasil pengukuran dalam Tabel 11.1
5. Ulangi langkah-langkah di atas dengan mengubah letak benda (s).

Tabel 11.1 Data Jarak Benda dan Bayangan pada Percobaan Cermin Cekung

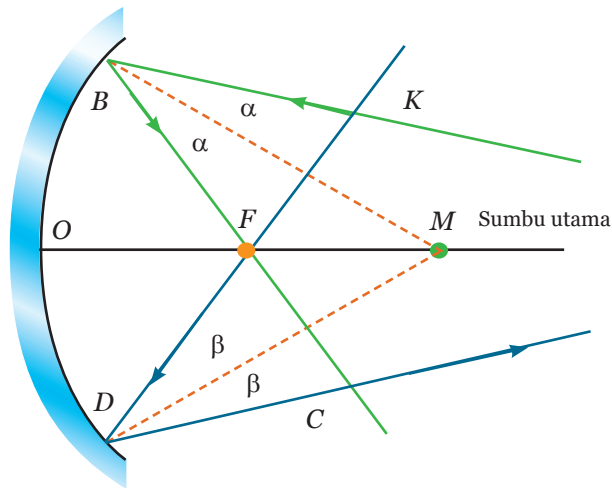
s (cm)	s' (cm)	$\frac{1}{s}$	$\frac{1}{s'}$	$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$

Apa yang perlu kamu diskusikan?

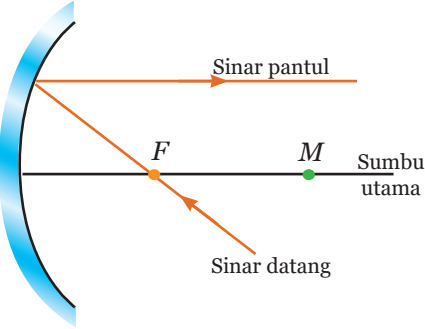
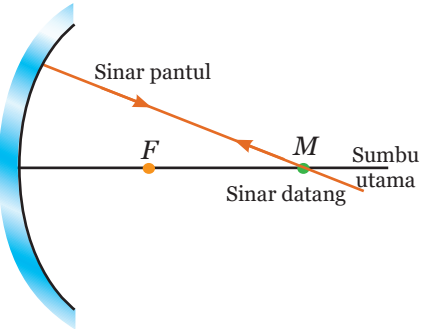
1. Bagaimana hubungan antara titik fokus, jarak benda, dan jarak bayangan pada cermin cekung?
2. Berapakah jarak fokus cermin cekung yang digunakan dalam percobaan ini?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Hukum pemantulan yang menyatakan besar sudut datang sama dengan sudut pantul, berlaku pula untuk cermin cekung. Pada cermin cekung, garis normal adalah garis yang menghubungkan titik pusat lengkung cermin M dengan titik jatuhnya sinar. Garis normal pada cermin lengkung berubah-ubah, bergantung pada titik jatuh sinar. Misalnya, jika sinar datang dari K mengenai cermin cekung di B, maka garis normalnya adalah garis MB dan sudut datangnya adalah sudut $KBM = \alpha$. Sesuai hukum pemantulan, maka sudut pantulnya, adalah sudut $MBC = \alpha$ dan sinar pantulnya adalah sinar BC.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.14 Pemantulan pada Cermin Cekung

Sinar datang dari *K* mengenai cermin cekung di *D*, maka garis normalnya adalah garis *MD* dan sudut datangnya adalah sudut *KDM* = β. Sesuai hukum pemantulan, maka sudut pantulnya, adalah sudut *MDC* = β, sedangkan sinar pantulnya adalah sinar *DC*. Hal yang sama berlaku juga pada cermin cembung.

a) Sinar-sinar Istimewa pada Cermin Cekung

Agar dapat mengetahui pembentukan bayangan pada cermin cekung, kamu dapat menggunakan diagram sinar dan tiga sinar istimewa, seperti pada Tabel 11.2.

Tabel 11.2 Sinar Istimewa pada Cermin Cekung

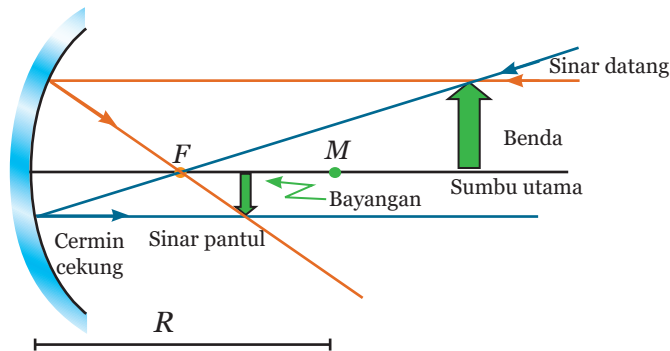
Sinar Istimewa	Diagram Sinar
a. Sinar datang sejajar sumbu utama akan dipantulkan melalui titik fokus.	Sinar datang F M Sumbu utama Sinar pantul Cermin cekung

Sinar Istimewa	Diagram Sinar
b. Sinar datang melalui titik fokus akan dipantulkan sejajar sumbu utama.	Sinar pantul F M Sumbu utama Sinar datang Cermin cekung
c. Sinar datang melalui titik pusat kelengkungan cermin akan dipantulkan melalui titik pusat kelengkungan cermin pula.	Sinar pantul F M Sumbu utama Sinar datang Cermin cekung

Untuk melukis bayangan pada cermin cekung diperlukan minimal dua buah sinar istimewa. Akan tetapi, hasil akan lebih baik dan meyakinkan jika dilukis dengan tiga sinar istimewa sekaligus dengan langkah-langkah sebagai berikut.

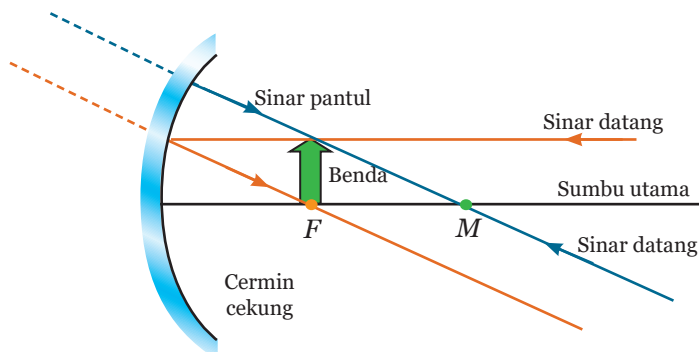
1. Pilih sebuah titik pada bagian ujung atas benda dan lukis dua sinar datang melalui titik tersebut menuju cermin.
2. Setelah sinar-sinar datang tersebut mengenai cermin, pantulkan kedua sinar tersebut sesuai kaidah sinar istimewa cermin cekung.
3. Tandai titik potong sinar pantul sebagai tempat bayangan benda.
4. Lukis perpotongan sinar-sinar pantul tersebut.

b) Melukis Pembentukan Bayangan oleh Cermin Cekung

- Benda berada pada jarak lebih dari *R*

Sumber: Dok. Kemdikbud

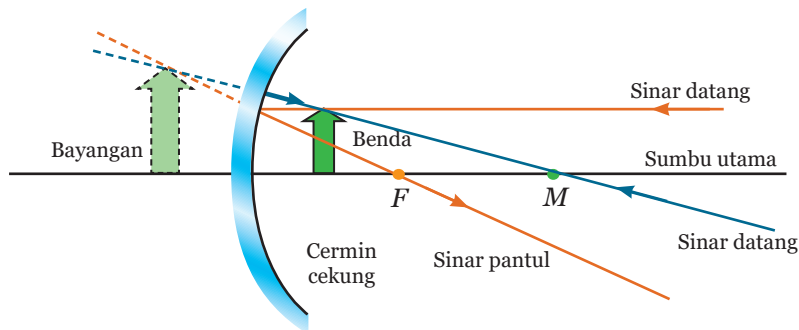
Gambar 11.15 Pembentukan Bayangan jika Benda Berada pada Jarak Lebih dari *R* pada Cermin Cekung

Bagaimana sifat-sifat bayangan yang terbentuk? Berdasarkan gambar tersebut, bayangan yang terbentuk bersifat nyata, terbalik, dan diperkecil.

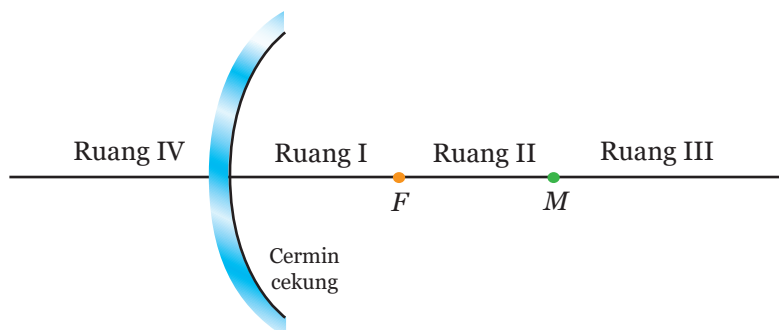
- Benda di titik fokus *F*

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.16 Pembentukan Bayangan jika Benda Berada pada Titik Fokus pada Cermin Cekung

Dimanakah letak bayangan yang terbentuk? Berdasarkan gambar tersebut, tidak terbentuk bayangan atau bayangan terletak di tempat yang jauh tak terhingga.

- Benda di antara cermin dan *F*

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.17 Pembentukan Bayangan jika Benda Berada di Antara Titik Fokus dan Cermin Cekung

Bagaimana sifat-sifat bayangan yang terbentuk? Berdasarkan gambar tersebut bayangan yang terbentuk bersifat maya, tegak, dan diperbesar. Selain penggunaan diagram sinar dan tiga sinar istimewa, agar lebih mudah memahami letak benda dan letak bayangan, kamu dapat memahami pembagian nomor ruang pada cermin lengkung (Dalil Esbach). Pembagian nomor ruang pada cermin cekung, dapat dilihat pada Gambar 11.18.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.18 Pembagian Ruang pada Cermin Cekung menurut Dalil Esbach

Misalnya benda diletakkan pada jarak lebih dari *M* (ruang III), bayangan yang terbentuk akan berada pada jarak antara *F* dan *M* (ruang II). Hal ini disebabkan menurut dalil Esbach jumlah ruang benda dengan ruang bayangan adalah sama dengan 5 ($R_{benda} + R_{bayangan} = 5$).

c) Persamaan Cermin Cekung

Persamaan cermin cekung menyatakan hubungan kuantitatif antara jarak benda ke cermin (s), jarak bayangan ke cermin (s'), dan panjang fokus (f).

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

dengan :
f = Jarak fokus (cm)
s = Jarak benda ke cermin (cm)
s' = Jarak bayangan (layar) ke cermin (cm)

Selain persamaan tersebut kamu juga harus mengetahui perbesaran bayangan yang dihasilkan oleh cermin cekung. Rumus perbesaran pada cermin cekung adalah

$$M = \frac{h'}{h} = \left|\frac{s'}{s}\right|$$

dengan :
M = Perbesaran
s = Jarak benda ke cermin
h = Tinggi benda
s' = Jarak bayangan (layar) ke cermin
h' = Tinggi bayangan
Catatan:
h' positif (+) menyatakan bayangan adalah tegak (dan maya)
h' negatif (-) menyatakan bayangan adalah terbalik (dan nyata)

Ayo, Kita Pahami

Contoh Soal:

Sebuah benda diletakkan 10 cm di depan cermin cekung. Jika jarak fokus cermin tersebut 6 cm, tentukan jarak bayangan yang dibentuk, nyatakan sifat-sifatnya dan buatlah gambar diagram sinarnya!

Diketahui:
Jarak benda (s) = 10 cm (di ruang II)
Jarak fokus cermin = 6 cm

Ditanyakan: jarak bayangan (s'), sifat bayangan, dan gambar diagram

Jawab:

Jarak bayangan

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{6} = \frac{1}{10} + \frac{1}{s'}$$

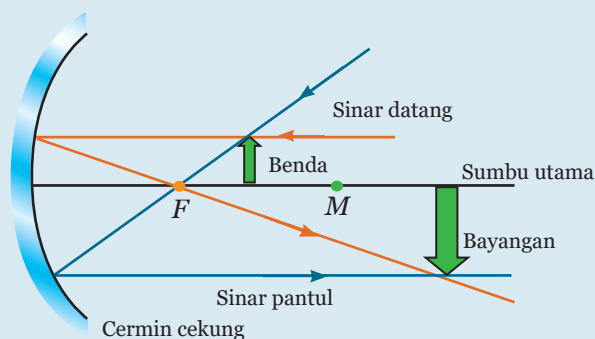
$$\frac{1}{6} - \frac{1}{10} = \frac{1}{s'}$$

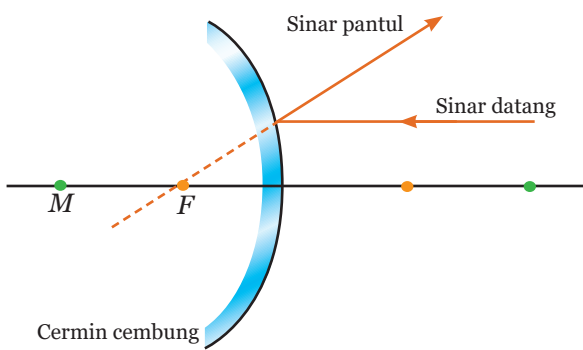
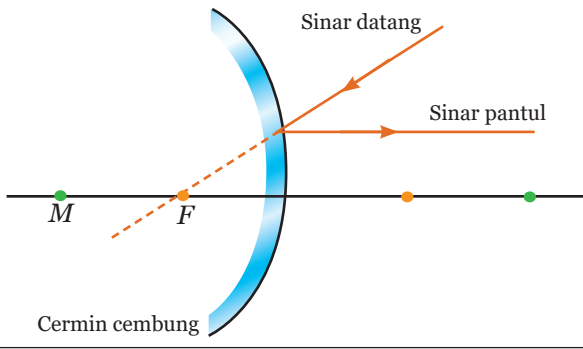
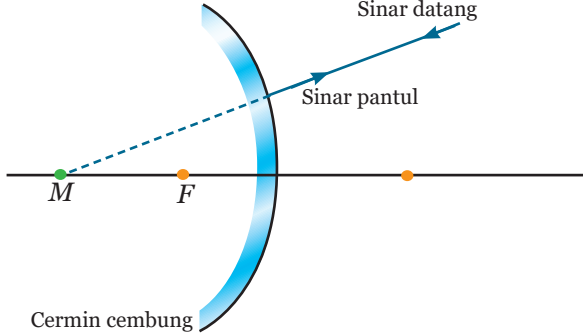
$$\frac{5-3}{30} = \frac{1}{s'}$$

$$s' = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm}$$

Perbesaran bayangan

$$M = \left|\frac{s'}{s}\right| = \left|\frac{15}{10}\right| = 1{,}5$$

Gambar diagram sinar

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.19 Gambar Diagram Sinar pada Cermin Cekung

Berdasarkan hasil perhitungan dan diagram sinar, bayangan yang diperoleh bersifat nyata (bayangan berada di depan cermin cekung), terbalik (perhatikan hasil diagram sinar), dan diperbesar (perhatikan hasil gambar diagram sinar dan hasil perhitungan M).

2) Cermin Cembung

a) Sinar-Sinar Istimewa pada Cermin Cembung

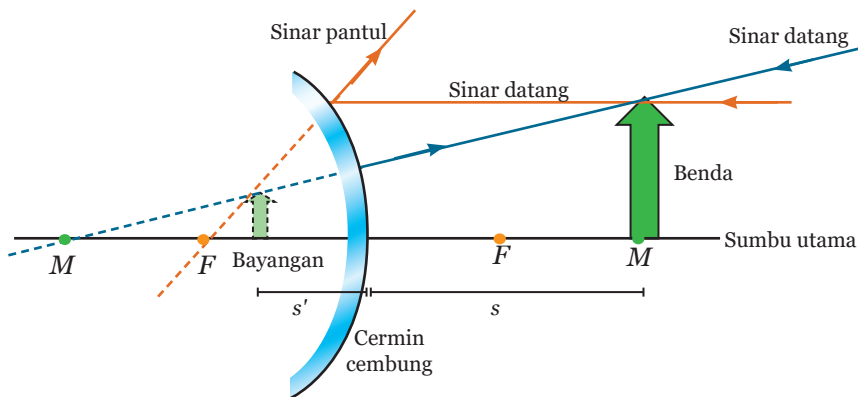
Pada cermin cembung juga berlaku hukum-hukum pemantulan, yaitu besarnya sudut datang sama dengan besarnya sudut pantul. Sinar istimewa dan diagram sinar pada cermin cembung dapat dilihat pada Tabel 11.3.

Tabel 11.3 Sinar Istimewa pada Cermin Cembung

Sinar Istimewa	Diagram Sinar
a) Sinar datang sejajar sumbu utama dipantulkan seolah-olah dari titik fokus (*F*).	
b) Sinar yang datang menuju titik fokus (*F*) dipantulkan sejajar sumbu utama.	
c) Sinar yang datang menuju titik pusat kelengkungan cermin seolah-olah dipantulkan berasal dari titik pusat kelengkungan tersebut.	

Untuk melukis bayangan pada cermin cembung dibutuhkan minimal dua buah sinar istimewa dengan langkah-langkah sebagai berikut.

(1) Pilih sebuah titik pada bagian ujung atas benda dan lukis dua sinar datang melalui titik tersebut menuju cermin.
(2) Setelah sinar-sinar datang tersebut mengenai cermin, pantulkan kedua sinar tersebut sesuai kaidah sinar istimewa pada cermin cembung.
(3) Tandai titik potong sinar-sinar pantul atau perpanjangan sinar-sinar pantul sebagai tempat bayangan benda.
(4) Lukis bayangan benda pada perpotongan perpanjangan sinar-sinar pantul tersebut.

Contoh lukisan pembentukan bayangan pada cermin cembung sebagai berikut.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.20 Pembentukan Bayangan pada Cermin Cembung, Bayangan yang Terbentuk Bersifat Maya dan Tegak

Jika benda diletakkan di depan cermin cembung, maka bayangan yang terbentuk akan bersifat maya, tegak, dan diperkecil. Coba amati pembentukan bayangan pada kaca spion motor atau mobil! Dapatkah kamu menjelaskannya?

Ayo, Kita Selesaikan

Setelah memahami cara melukiskan bayangan yang dibentuk oleh cermin cembung, coba sekarang lukiskan letak bayangan benda jika:

a. Benda diletakkan pada jarak lebih dari R
b. Benda diletakkan di titik fokus
c. Benda diletakkan di antara cermin dan titik fokus

b) Persamaan Cermin Cembung

Masih ingatkah kamu dengan persamaan pada cermin cekung? Rumus-rumus yang berlaku untuk cermin cekung juga berlaku untuk cermin cembung. Namun, ada hal yang perlu diperhatikan yaitu titik fokus F dan titik pusat kelengkungan cermin M untuk cermin cembung terletak di belakang cermin. Oleh karena itu, dalam menggunakan persamaan cermin cembung jarak fokus (f) dan jari-jari cermin (R) selalu dimasukkan bertanda negatif. Dengan catatan bahwa dalam cermin cembung harga f dan R bernilai negatif (–).

Ayo, Kita Pahami

Contoh soal:

Sebuah cermin cembung memiliki jari-jari kelengkungan 30 cm. Jika benda diletakkan pada jarak 10 cm di depan cermin cembung, tentukan jarak bayangan yang dibentuknya, nyatakan sifat-sifatnya, dan buatlah gambar diagram sinar!

Diketahui:

Jarak benda (s) = 10 cm (di ruang I)

Jarak fokus cermin (f) = $\frac{1}{2}$ jari-jari kelengkungan = $\frac{1}{2} \times 30$ cm = 15 cm

Ditanyakan: jarak bayangan, sifat bayangan, dan gambar diagram sinar

Jawab:

Jarak bayangan

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{-15} = \frac{1}{10} + \frac{1}{s'}$$

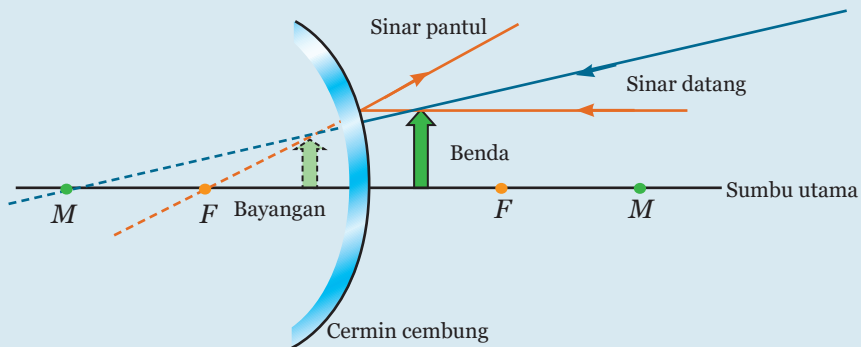
$$\frac{1}{-15} - \frac{1}{10} = \frac{1}{s'}$$

$$\frac{-2-3}{30} = \frac{1}{s'}$$

$$s' = \frac{30}{-5} = -6 \text{ cm}$$

Perbesaran bayangan

$$M = \left|\frac{s'}{s}\right| = \left|\frac{-6}{10}\right| = 0{,}6$$

Gambar diagram sinar

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.21 Gambar Diagram Sinar pada Cermin Cembung

Berdasarkan hasil perhitungan dan diagram sinar, bayangan yang diperoleh bersifat maya (bayangan berada di belakang cermin), tegak (perhatikan hasil diagram sinar), dan diperkecil (perhatikan hasil diagram sinar dan hasil perhitungan *M*).

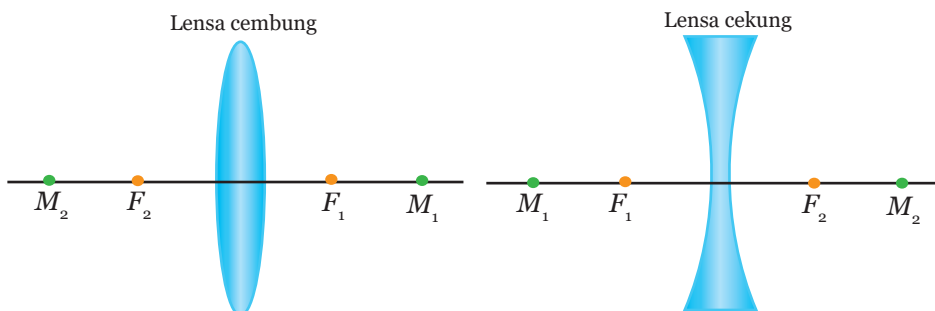
Ayo, Kita Diskusikan

1. Sebuah benda diletakkan di depan cermin cekung pada jarak 4 cm. Jika titik fokus cermin tersebut adalah 8 cm, berapa jarak bayangan terhadap benda? Gambar dan sebutkan sifat bayangan yang terbentuk!
2. Sebuah benda diletakkan di depan cermin cembung pada jarak 3 cm. Jika titik fokus cermin tersebut adalah 6 cm, berapa jarak bayangan terhadap benda? Gambar dan sebutkan sifat bayangan yang terbentuk!

3. Lensa

a. Pembentukan Bayangan pada Lensa

Pernahkah kamu menggunakan lup? Lup memiliki bagian utama berupa lensa cembung yang berfungsi untuk memperbesar bayangan benda yang akan diteliti. Lensa adalah benda bening yang memiliki permukaan berbentuk cekung atau cembung dan berfungsi untuk membiaskan cahaya.

Lensa secara umum ada yang berbentuk cembung dan cekung. Jika dipegang, lensa cembung bagian tengahnya lebih tebal dari bagian pinggir. Lensa cekung bagian tengahnya lebih tipis dari bagian pinggirnya. Perhatikan Gambar 11.22!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.22 Lensa Cembung dan Lensa Cekung

b. Sinar-Sinar istimewa pada Pembiasan Cahaya oleh Lensa Cembung

Sebelum mempelajari pembiasan cahaya oleh lensa cembung lebih lanjut, ayo lakukan aktivitas berikut!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 11.5 Pembentukan Bayangan pada Lensa Cembung

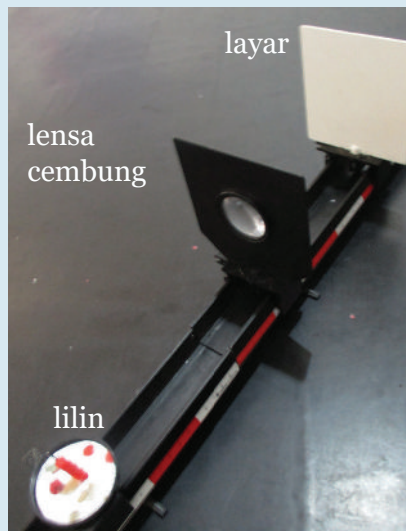
Apa yang akan kamu lakukan?

Mempelajari hubungan antara titik fokus, jarak benda, dan jarak bayangan pada lensa cembung.

Apa yang kamu perlukan?

1. Penjepit rel sebagai pemegang alat di atas rel presisi 5 buah
2. 1 buah lampu dengan tiang/lilin
3. 1 buah lensa cembung
4. Layar putih
5. Bangku optik

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Letakkan lilin di bangku optik (rel) di depan lensa cembung. Perhatikan Gambar 11.23!
2. Geser-geserlah letak layar pada mistar bangku optik (rel) hingga didapatkan bayangan yang jelas pada layar putih!
3. Ukur jarak layar dari lensa (sebagai *s*′) dan jarak lilin dari lensa (sebagai *s*)!
4. Catat hasil pengukuran dalam Tabel 11.4.
5. Ulangi langkah-langkah di atas dengan mengubah letak benda (*s*).

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.23 Set Percobaan Lensa Cembung

Tabel 11.4 Data Jarak Benda dan Bayangan pada Percobaan Lensa Cembung

s (cm)	s' (cm)	$\frac{1}{s}$	$\frac{1}{s'}$	$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Bagaimana hubungan antara titik fokus, jarak benda, dan jarak bayangan pada lensa cembung?
2. Berapakah jarak fokus lensa cembung yang digunakan dalam percobaan ini?
3. Berapakah kekuatan lensa yang digunakan dalam percobaan ini?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Penerapan hukum pembiasan cahaya pada benda ternyata menentukan sinar-sinar istimewa pada pembiasan cahaya oleh lensa cembung. Sinar-sinar istimewa pada lensa cembung dapat dilihat pada Tabel 11.5.

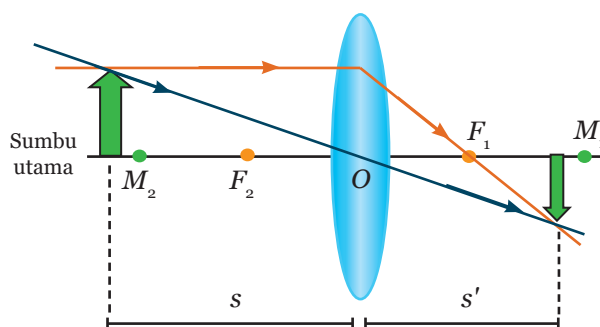
Tabel 11.5 Sinar Istimewa pada Lensa Cembung

Sinar Istimewa	Diagram Sinar
a) Suatu sinar datang sejajar sumbu utama lensa akan dibiaskan menuju titik fokus aktif (F_1) di belakang lensa.	Sumbu utama M_2 F_2 O F_1 M_1

Sinar Istimewa	Diagram Sinar
b) Suatu sinar datang melalui titik fokus pasif (F_2) di depan lensa akan dibiaskan sejajar sumbu utama.	Sumbu utama M_2 F_2 O F_1 M_1
c) Suatu sinar datang melalui pusat optik lensa (O) akan diteruskan tanpa dibiaskan.	Sumbu utama M_2 F_2 O F_1 M_1

Ingatlah kembali tentang peristiwa pembiasan! Saat melalui 2 medium yang berbeda, besar kecepatan cahaya akan berubah, sehingga cahaya akan tampak dibelokkan, seperti pada peristiwa sendok yang tampak bengkok bila diletakkan di dalam gelas berisi air.

b. Melukis Pembentukan Bayangan pada Lensa Cembung Menggunakan Diagram Sinar

Bagaimanakah cara melukis pembentukan bayangan pada lensa? Jika sebuah benda diletakkan di depan lensa cembung akan membentuk bayangan, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.24.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.24 Pembentukan Bayangan oleh Lensa Cembung

Pembentukan bayangan pada lensa cembung membutuhkan sekurang-kurangnya dua sinar istimewa. Sifat bayangan yang terbentuk pada lensa cembung bergantung pada posisi benda. Setelah memahami

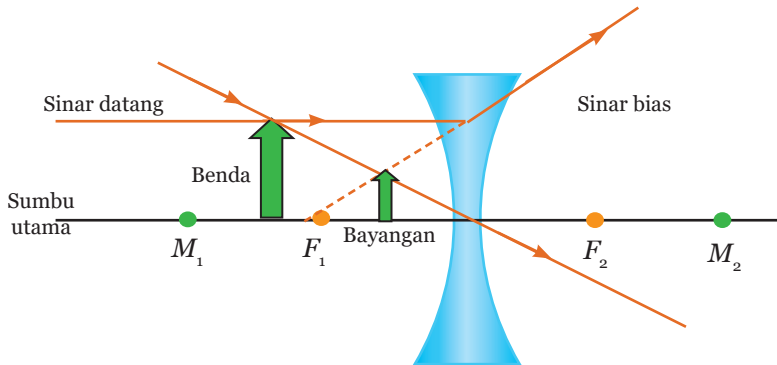
cara melukiskan bayangan yang dibentuk oleh lensa cembung, coba sekarang lukiskan letak bayangan benda jika benda diletakkan di antara fokus dan lensa cembung!

c. Pembiasan pada Lensa Cekung

Pada pembiasan lensa cekung juga berlaku sinar-sinar istimewa ketika kita hendak membuat bayangan pada lensa. Sinar-sinar istimewa pada pembiasan cahaya oleh lensa cekung dapat dilihat pada Tabel 11.6.

Tabel 11.6 Sinar Istimewa pada Lensa Cekung

Sinar Istimewa	Ilustrasi Sinar
Sinar datang sejajar sumbu utama lensa seolah-olah dibiaskan berasal dari titik fokus aktif (*F*) di depan lensa.	M_1 F_1 F_2 M_2
Sinar datang seolah- olah menuju titik fokus pasif (*F*) di depan lensa akan dibiaskan sejajar sumbu utama.	M_1 F_1 F_2 M_2
Sinar datang melalui pusat optik lensa (*O*) akan diteruskan tanpa dibiaskan.	M_1 F_1 F_2 M_2

Jika ketiga sinar istimewa yang berasal dari sebuah benda dilukiskan pada satu lensa, maka akan terbentuk bayangan benda seperti Gambar 11. 25.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.25 Pembentukan Bayangan oleh Lensa Cekung

Sifat bayangan yang terbentuk pada lensa cekung bergantung pada posisi benda. Sifat bayangan pada lensa cekung dapat ditentukan melalui bantuan diagram sinar dan sinar-sinar istimewa. Selain melalui kegiatan di atas, sifat-sifat bayangan benda oleh lensa cekung juga dapat ditentukan melalui Dalil Esbach seperti pada lensa cembung. Perhatikan kembali Dalil Esbach yang sudah pernah kamu pelajari sebelumnya, dan perhatikan Gambar 11.25.

Catatan: Pada lensa cekung, benda yang terletak di depan lensa akan selalu menghasilkan bayangan maya, tegak, diperkecil, dan terletak di depan lensa.

d. Persamaan pada Lensa

Persamaan pada lensa cembung sama dengan persamaan pada lensa cekung. Hubungan antara jarak fokus (f), jarak bayangan (s'), dan jarak benda (s) adalah sebagai berikut.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

Perbesarannya,

$$M = \left|\frac{s'}{s}\right| = \left|\frac{h'}{h}\right|$$

Pada lensa cembung, titik fokus bernilai positif (sama seperti pada cermin cekung), sedangkan pada lensa cekung, titik fokus bernilai negatif (sama seperti pada cermin cembung).

Setiap lensa mempunyai kemampuan yang berbeda-beda dalam mengumpulkan atau menyebarkan sinar. Kemampuan lensa dalam mengumpulkan atau menyebarkan sinar disebut kuat lensa (*D*) dan memiliki satuan dioptri. Kuat lensa merupakan kebalikan dari panjang fokus. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$D = \frac{1}{f}$$

Dengan syarat f harus dinyatakan dalam meter (m). Jika f dalam sentimeter (cm) maka rumusnya menjadi:

$$D = \frac{100}{f}$$

Ayo, Kita Diskusikan

1. Sebuah lensa cembung memiliki titik fokus 10 cm. Jika benda diletakkan pada jarak 20 cm, dimanakah letak bayangan benda dan berapakah perbesarannya? Sebutkan pula sifat bayangan yang terbentuk! Buatlah diagram sinarnya!
2. Sebuah lensa cekung memiliki titik fokus 10 cm. Jika benda diletakkan pada jarak 30 cm, dimanakah letak bayangan benda dan berapakah perbesarannya? Sebutkan pula sifat bayangan yang terbentuk! Buatlah diagram sinarnya!

B. Indra Penglihatan Manusia dan Hewan

Ayo, Kita Pelajari

- Indra penglihatan manusia dan gangguannya
- Indra penglihatan hewan

Istilah Penting

- Kornea
- Pupil
- Iris
- Lensa mata
- Retina
- Hipermetropi
- Miopi
- Presbiopi

Mengapa Penting?

Mempelajari materi ini akan membantumu memahami bagian-bagian mata, mekanisme kerja, dan gangguan pada mata sehingga kamu dapat menjaga matamu agar tetap sehat. Dengan mempelajari indra penglihatan hewan, kamu dapat membandingkan bagaimana mekanisme kerja keduanya.

1. Indra Penglihat Manusia

a. Pentingnya Cahaya bagi Indra Penglihat Manusia

Coba sekarang kamu pergi ke halaman sekolah atau ke taman sekolah! Apa yang dapat kamu lihat dan bagaimana perasaan kamu ketika berada di tempat tersebut? Sekarang coba kamu tutup mata! Apa yang dapat kamu lihat dan bagaimana perasaan kamu? Pada saat kamu menutup mata, kamu tidak dapat melihat apapun yang ada di sekitar kamu karena tidak ada cahaya yang masuk ke mata kamu. Hal ini menunjukkan bahwa mata kita dapat melihat benda karena adanya cahaya yang mengenai benda tersebut kemudian dipantulkan ke mata kita.

b. Pembentukan Bayangan pada Mata Manusia

Pernahkah kamu berpikir, bagaimana mata kita dapat melihat benda? Untuk memahaminya lakukan kegiatan berikut.

Ayo, Kita Lakukan

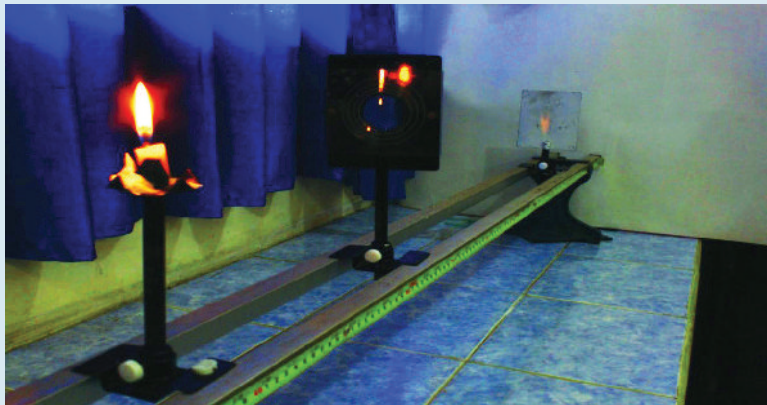
Aktivitas 11.6 Proses Pembentukan Bayangan pada Mata

Pada percobaan kali ini, kita akan mencoba untuk mempelajari proses yang terjadi pada mata sehingga mata dapat melihat benda.

Apa yang kamu perlukan?

1. 5 buah penjepit rel sebagai pemegang alat di atas rel presisi
2. 1 buah lampu dengan tiang/1 batang lilin
3. 1 buah lensa cembung
4. 1 buah pemegang slide
5. 1 buah slide panah
6. 1 buah layar transparan

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Aturlah posisi benda-benda yang telah kamu siapkan dengan posisi seperti Gambar 11.26!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.26 Susunan Alat-alat Percobaan Pembentukan Bayangan pada Mata

2. Aturlah posisi lensa (gerak-gerakkan maju atau mundur) sehingga terbentuk bayangan yang jelas pada layar! Bayangan yang terbentuk adalah bayangan yang memiliki sifat sama dengan sifat bayangan yang ditangkap oleh mata manusia!
3. Lakukan kegiatan ini dengan cermat dan teliti, jangan lupa bekerja samalah dengan teman satu kelompokmu!

Apa yang perlu kamu diskusikan?

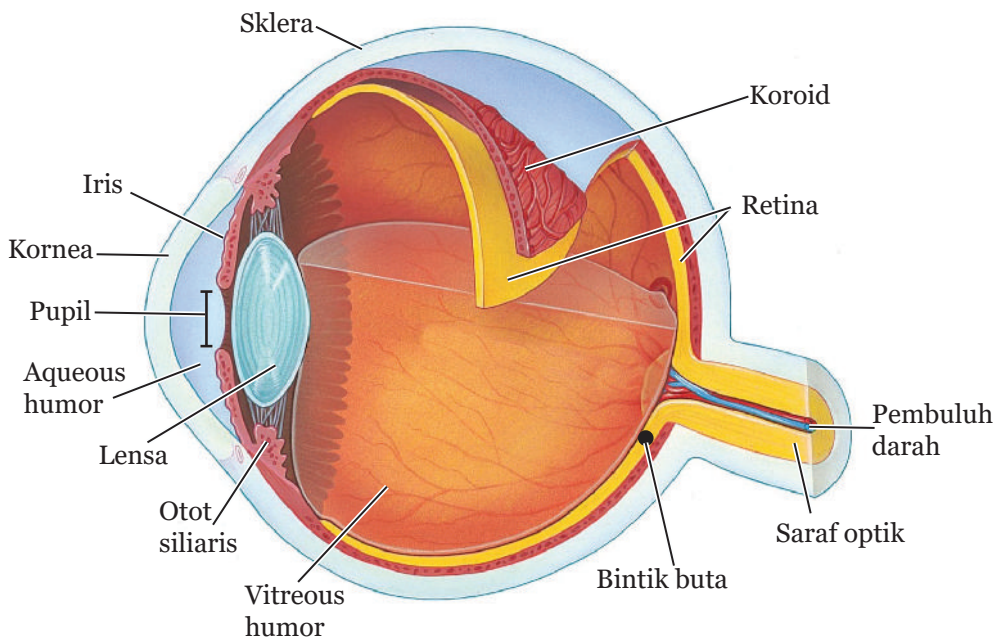
1. Bagaimana sifat bayangan yang terbentuk pada percobaan tersebut?
2. Berdasarkan percobaan yang telah kamu lakukan, analogkan benda-benda yang digunakan untuk percobaan dengan bagian-bagian mata manusia!

3. Gambarkan jalannya cahaya pada mata manusia, sehingga manusia dapat melihat benda!

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

c. Bagian-Bagian Mata Manusia

Organ penglihatan yang dimiliki oleh manusia adalah mata. Organ ini berbentuk bulat. Organ ini tersusun atas beberapa bagian yang berbeda yang masing-masing bagian memiliki fungsi yang berbeda pula. Mata kita dibalut oleh tiga lapis jaringan yang berlainan. Lapisan luar adalah lapisan sklera, lapisan ini membentuk kornea. Lapisan tengah adalah lapisan koroid, lapisan ini membentuk iris. Lapisan ketiga adalah lapisan dalam, yaitu retina. Perhatikan Gambar 11.27!

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 11.27 Bagian-bagian Mata

1) Kornea

Mata memiliki bentuk seperti bola dengan diameter ± 2,5 cm. Lapisan terluar mata disebut sklera yang membentuk putih mata, dan bersambung dengan bagian depan yang bening yang disebut kornea. Cahaya masuk ke mata melewati kornea. Lapisan kornea mata terluar bersifat kuat dan tembus cahaya. Kornea berfungsi melindungi bagian yang sensitif yang berada di belakangnya dan membantu memfokuskan bayangan pada retina.

2) Iris atau Selaput Pelangi

Setelah cahaya melewati kornea, selanjutnya cahaya akan menuju ke pupil. Pupil adalah bagian berwarna hitam yang merupakan jalan masuknya cahaya ke dalam mata. Pupil dikelilingi oleh iris, yang merupakan bagian berwarna pada mata yang terletak di belakang kornea. Sekarang kamu mengetahui bahwa warna mata sebenarnya adalah warna iris. Jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata kamu diatur oleh iris. Besar dan kecilnya iris dan pupil bergantung pada jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata. Tahukah kamu, kapan mata kita membutuhkan banyak cahaya serta lebih sedikit cahaya? Agar kamu dapat mengetahuinya lakukan kegiatan berikut ini!

Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 11.7 Mengukur Diameter Iris dan Pupil

Sebelum melakukan pengamatan ini berkumpullah dengan teman satu kelompok (1 kelompok terdiri atas 3 orang). Lakukan pengamatan ini dengan cermat dan teliti.

Apa yang kamu perlukan?

1. Penggaris
2. Kertas
3. Alat tulis

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Berbagilah tugas dengan teman satu kelompokmu! Lakukan pembagian tugas dengan bijaksana. Pembagian tugas adalah sebagai berikut, satu orang menjadi peraga yang nantinya akan diukur diameter iris dan pupilnya, satu orang yang akan mengukur diameter iris dan pupil, dan satu orang lagi mencatat hasil pengamatan.
2. Mintalah temanmu yang bertindak sebagai peraga untuk keluar menuju halaman kelas! Mintalah dia berdiam di halaman ± 3 menit!
3. Ukurlah diameter iris dan pupil temanmu! Lakukan pengukuran dengan hati-hati! Jangan sampai penggaris yang kamu gunakan mengenai mata teman kamu.
4. Catatlah hasil pengukuranmu pada buku IPA!
5. Mintalah temanmu yang bertindak sebagai peraga untuk masuk ke kelas kembali! Mintalah temanmu berdiam di dalam kelas selama ± 3 menit!
6. Ukurlah diameter iris dan pupil temanmu. Lakukan pengukuran dengan hati-hati! Jangan sampai penggaris yang kamu gunakan mengenai mata teman kamu!
7. Catatlah hasil pengukuran pada buku IPA!

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Bagaimanakah diameter pupil jika berada di tempat terang? Mengapa demikian?
2. Bagaimanakah diameter pupil jika berada di tempat gelap? Mengapa demikian?

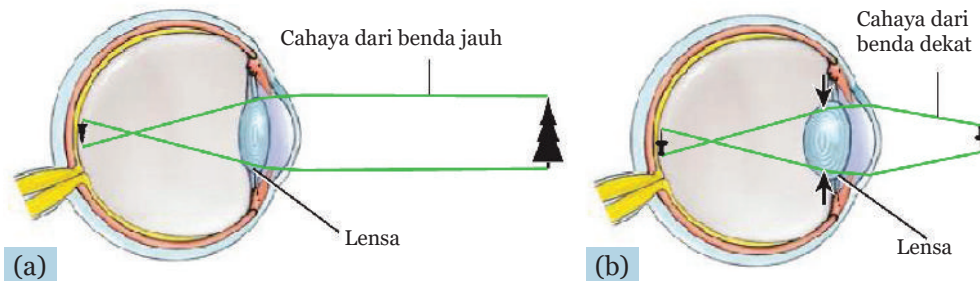
Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Tahukah Kamu?

Iris memberi warna pada mata. Seperti sidik jari, iris dapat digunakan sebagai pengenal pribadi dengan tingkat keakuratan yang tinggi.

3) Lensa Mata

Setelah melewati pupil, cahaya bergerak merambat menuju ke lensa. Lensa mata kamu berbentuk bikonvex (cembung depan-belakang), seperti lensa pada kaca pembesar. Lensa mata bersifat fleksibel. Otot siliar yang ada dalam mata akan membantu mengubah kecembungan lensa mata kamu.

Sumber: Dok. Kemdikbud

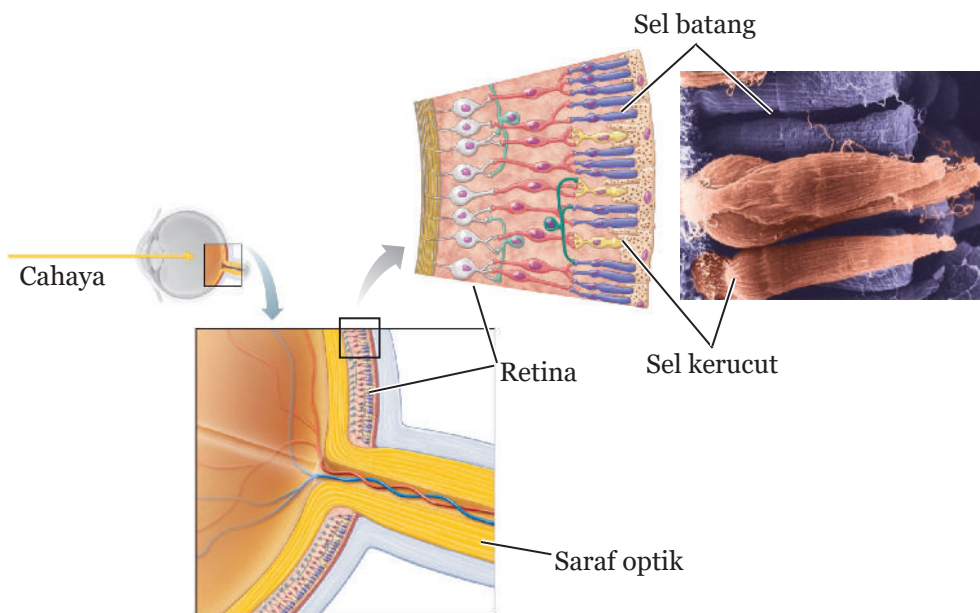
Gambar 11.28 Perubahan Kecembungan Lensa Mata Ketika Melihat Benda Jauh dan Dekat

Ketika kamu melihat benda yang berada pada jarak jauh, otot siliaris akan mengalami relaksasi. Hal ini akan menyebabkan lensa mata menjadi lebih datar atau mata melihat tanpa berakomodasi. Ketika kamu melihat benda yang berada pada jarak dekat, otot siliaris akan mengalami kontraksi. Hal ini akan menyebabkan lensa mata menjadi lebih cembung. Pada kondisi ini mata dikatakan berakomodasi maksimum. Dengan mengubah kecembungan lensa, lensa dapat menangkap bayangan yang jelas pada jarak jauh atau dekat yang selanjutnya bayangan tersebut akan dibentuk di retina. Dengan demikian sebaiknya kita harus bersyukur kepada Tuhan atas anugerah berupa lensa mata, sehingga kita dapat melihat benda dengan jelas, baik berada pada jarak dekat maupun pada jarak jauh.

Ayo, Kita Pikirkan!

Setelah kamu berada pada tempat yang terang (misalnya halaman rumah) kemudian kita menuju tempat yang lebih gelap (misalnya masuk rumah), maka selama beberapa detik semuanya akan terlihat gelap sehingga kamu tidak dapat melihat dengan jelas. Mengapa hal ini terjadi?

4) Retina

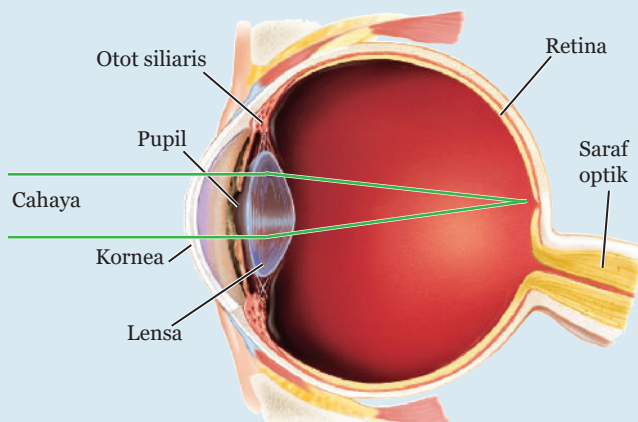
Cahaya yang melewati lensa selanjutnya akan membentuk bayangan yang kemudian ditangkap oleh retina. Retina merupakan sel yang sensitif terhadap cahaya matahari atau saraf penerima rangsang sinar (fotoreseptor) yang terletak pada bagian belakang mata. Retina terdiri atas dua macam sel fotoreseptor, yaitu sel batang dan sel kerucut. Sel kerucut memungkinkan kamu melihat warna, tetapi membutuhkan cahaya yang lebih terang dibandingkan sel batang. Sel batang akan menunjukkan responsnya ketika berada pada tempat yang redup. Sel batang mampu menerima rangsang sinar tidak berwarna, jumlahnya sekitar 125 juta. Sel kerucut mampu menerima rangsang sinar yang kuat dan warna, jumlahnya 6,5 - 7 juta.

Sumber: Marieb & Hoehn, 2013

Gambar 11.29 Sel Batang dan Kerucut pada Retina

Ketika sel kerucut menyerap cahaya, maka akan terjadi reaksi kimia. Reaksi kimia ini akan menghasilkan impuls saraf yang kemudian ditransmisikan ke otak oleh saraf mata. Sel batang akan menunjukkan responsnya ketika berada pada tempat yang redup. Sel-sel batang mengandung pigmen yang disebut rodopsin, yaitu senyawa antara vitamin A dan protein. Bila terkena sinar terang rodopsin terurai, dan

terbentuk kembali menjadi rodopsin pada keadaan gelap. Pembentukan kembali rodopsin memerlukan waktu yang disebut adaptasi gelap atau adaptasi rodopsin. Pada saat itu mata sulit untuk melihat. Sekarang kamu mengetahui mengapa vitamin A penting bagi kesehatan mata. Sel kerucut mengandung pigmen iodopsin, yaitu senyawa antara retinin dan opsin. Ada tiga macam sel kerucut yang masing-masing peka terhadap warna merah, biru, dan hijau. Akibatnya, kamu dapat melihat seluruh spektrum warna yang merupakan kombinasi dari ketiga warna.

Ayo, Kita Pahami

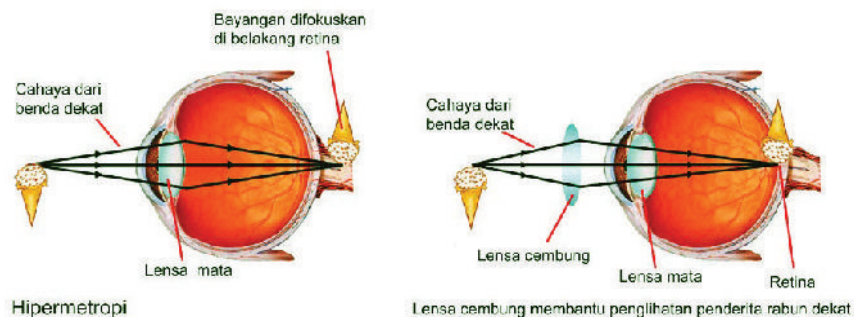
Mata kamu dapat mendeteksi cahaya yang dipancarkan atau dipantulkan oleh objek atau benda. Lensa pada mata akan memfokuskan cahaya untuk menghasilkan bayangan yang akan jatuh pada bagian belakang mata. Sel-sel khusus yang terletak di belakang mata akan mengubah bayangan menjadi sinyal elektrik (impuls). Sinyal elektrik ini kemudian akan ditransfer ke otak, yang kemudian akan diterjemahkan sebagai objek atau benda yang kamu lihat.

Sumber: Marieb & Hoehn, 2013

Gambar 11.30 Jalur Sinar dalam Mata

d. Gangguan pada Indra Penglihat

Adakah teman kamu yang menggunakan kacamata? Atau bahkan kamu sendiri menggunakan kacamata? Seseorang yang mempunyai penglihatan yang baik, akan dapat melihat benda secara jelas pada jarak kira-kira 30 cm. Hal ini berarti pada orang yang memiliki penglihatan normal, bayangan yang dibentuk jatuh tepat pada retina. Jika seseorang memiliki gangguan pada penglihatannya maka dia tidak akan dapat melihat objek dengan jelas pada jarak tersebut. Hal ini menyebabkan mereka membutuhkan alat bantu penglihatan berupa kacamata seperti yang dikenakan oleh teman kamu atau bahkan kamu kenakan sendiri. Kacamata berfungsi untuk memfokuskan cahaya sehingga dapat jatuh tepat pada retina.

1) Rabun Dekat (Hipermetropi)

Seorang penderita rabun dekat tidak dapat melihat benda yang berada pada jarak dekat (± 30 cm) dengan jelas. Hal ini karena bayangan yang terbentuk jatuh di belakang retina, sehingga bayangan yang jatuh pada retina menjadi tidak jelas (kabur). Kacamata positif dapat menolong penderita rabun dekat, sebab lensa cembung mengumpulkan cahaya sebelum cahaya masuk ke mata. Dengan demikian, kornea dan lensa dapat membentuk bayangan yang jelas pada retina seperti ditunjukkan pada Gambar 11.31.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.31 Perubahan Fokus Sinar pada Rabun Dekat

Kekuatan lensa kacamata yang diperlukan sesuai dengan rumus berikut:

$$P_{H} = \frac{100}{s} - \frac{100}{PP}$$

dengan:
P_H = Kekuatan lensa kacamata untuk hipermetropi (dioptri atau D)
s = Jarak benda di depan kacamata (cm)
PP (*Punctum Proximum*) = titik dekat mata seseorang (cm)

Ayo, Kita Pahami

Contoh Soal:

Titik dekat mata seseorang terletak pada jarak 120 cm di depan matanya. Untuk melihat dengan jelas suatu benda yang terletak 30 cm di depan mata, berapa kekuatan lensa kacamata yang harus digunakan?

Penyelesaian:

Diketahui: PP = 120 cm s = 30 cm

Ditanya: P_H?

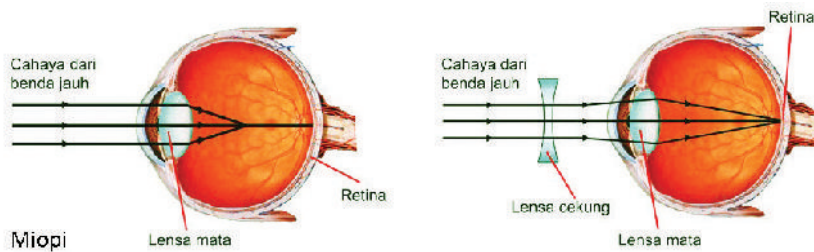
Jawab:

$$P_H = \frac{100}{s} - \frac{100}{PP} = \frac{100}{30} - \frac{100}{120} = \frac{400 - 100}{120} = \frac{300}{120} = 2{,}5 \text{ D}$$

Jika jarak benda s tidak disebutkan dalam soal, nilai s diambil dari titik dekat mata normal, yaitu 25 cm, sehingga persamaan kekuatan lensa untuk hipermetropi menjadi:

$$P_H = 4 - \frac{100}{PP} = 4 - \frac{100}{120} = 4 - 0{,}83 = 3{,}16 \text{ D}$$

2) Rabun Jauh (Miopi)

Seorang penderita rabun jauh tidak dapat melihat benda yang berada pada jarak jauh (tak hingga) dengan jelas. Hal ini dikarenakan bayangan yang terbentuk jatuh di depan retina, seperti yang ditunjukkan Gambar 11.32. Kacamata negatif dapat menolong penderita rabun jauh karena lensa cekung akan dapat membuat cahaya menyebar sebelum cahaya masuk ke mata. Dengan demikian, bayangan yang jelas akan terbentuk di retina.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.32 Perubahan Fokus Sinar pada Rabun Jauh

Kekuatan atau daya lensa kacamata yang diperlukan sesuai dengan rumus berikut:

$$P_M = -\frac{100}{PR}$$

dengan:
P_M = Daya lensa untuk miopi (dioptri atau D)
PR (*Punctum Remotum*) = titik jauh mata (cm)

Ayo, Kita Pahami

Contoh Soal:

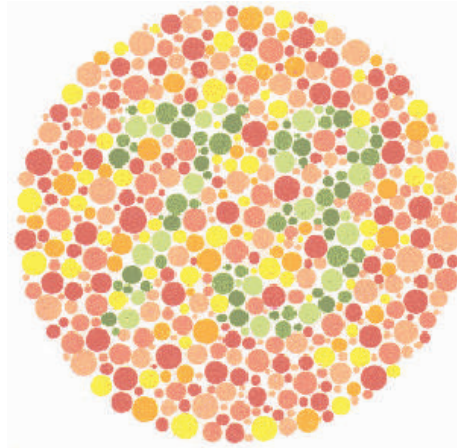
Seseorang hanya mampu melihat jelas benda di depan matanya paling jauh 100 cm. Berapa kekuatan kacamata orang tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui : PR = 100 cm
Ditanya : P_M
Jawab : $P_M = -\frac{100}{\text{PR}} = -\frac{100}{100} = -\frac{100}{100} = -1$ D

3) Buta Warna

Perhatikan Gambar 11.33! Apakah kamu dapat melihat angka? Coba sebutkan angka berapa yang dapat kamu lihat! Masih ingatkah kamu pada sel kerucut? Kamu memiliki lebih kurang tujuh juta sel kerucut pada retina. Gelombang cahaya dipantulkan dari benda masuk ke pupil dan ditangkap oleh retina. Respons dari sel kerucut pada cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda menyebabkan kamu dapat melihat benda yang berwarna.

Buta warna merupakan suatu kelainan pada mata yang disebabkan ketidakmampuan sel-sel kerucut mata untuk menangkap suatu warna tertentu. Penyakit ini bersifat menurun. Buta warna ada yang buta warna total dan buta warna sebagian. Buta warna total hanya mampu melihat warna hitam dan putih saja, sedangkan buta warna sebagian tidak dapat melihat warna tertentu, yaitu merah, hijau, atau biru. Ingat kembali tentang sel kerucut!

Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 11.33 Huruf Tokek untuk Mengecek Kelainan Buta Warna

Gambar 11.33 merupakan salah satu gambar yang dipakai untuk menguji buta warna. Uji tersebut dikenal dengan **Uji Ishihara**. Uji tersebut didasarkan pada penentuan angka atau pola yang ada pada kartu dengan berbagai ragam warna, dengan pola tertentu. Ada satu seri gambar titik bola kecil dengan warna dan besar berbeda- beda, sehingga dalam keseluruhan terlihat warna pucat dan menyulitkan pasien dengan kelainan penglihatan warna untuk melihatnya. Penderita buta warna atau dengan kelainan penglihatan warna dapat melihat sebagian ataupun sama sekali tidak dapat melihat gambaran yang diperlihatkan. Pada pemeriksaan, pasien diminta melihat dan mengenali tanda gambar yang diperlihatkan dalam waktu 10 detik.

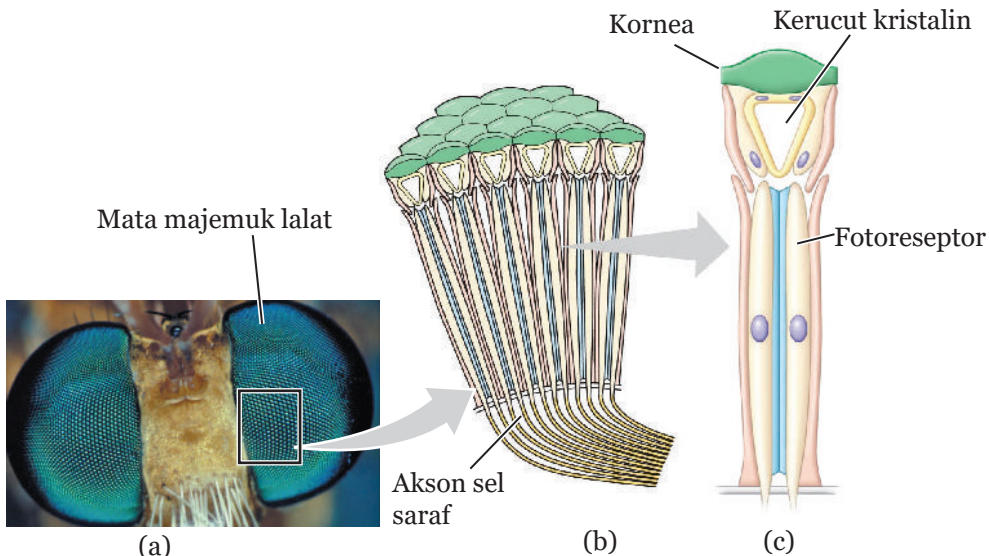
4) Presbiopi

Presbiopi disebut juga rabun jauh dan dekat atau rabun tua, karena kelainan mata ini biasanya diderita oleh orang yang sudah tua. Kelainan jenis ini membuat si penderita tidak mampu melihat dengan jelas benda-benda yang berada di jarak jauh maupun benda yang berada pada jarak dekat. Hal tersebut diakibatkan oleh berkurangnya daya akomodasi mata. Kelainan ini biasanya diatasi dengan kacamata rangkap, yaitu kacamata cembung dan cekung. Pada kacamata dengan lensa rangkap atau kacamata bifokal, lensa negatif bekerja seperti pada kacamata untuk penderita miopi, sedangkan lensa positif bekerja seperti pada kacamata untuk penderita hipermetropi.

5) Astigmatisma

Astigmatisma atau dikenal dengan istilah silinder adalah sebuah gangguan pada mata karena penyimpangan dalam pembentukan bayangan pada lensa. Hal ini disebabkan oleh cacat lensa yang tidak dapat memberikan gambaran atau bayangan garis vertikal dengan horizontal secara bersamaan. Penglihatan si penderita menjadi kabur. Untuk mengatasi gangguan ini, dapat menggunakan lensa silindris.

2. Indra Penglihatan Serangga

Apakah kamu mengetahui berbagai macam hewan dari golongan serangga? Pernahkah kamu membayangkan bagaimana cara serangga-serangga tersebut melihat sebuah benda? Tahukah kamu bahwa lalat, belalang, kumbang, atau serangga mempunyai cara melihat suatu benda dengan cara yang sangat berbeda dengan manusia? Apabila manusia hanya memiliki dua buah mata untuk melihat, serangga memiliki banyak sekali mata untuk melihat, sehingga mata serangga disebut dengan "mata majemuk" (Gambar 11.34).

Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 11.34 Mata Majemuk pada Mata Lalat

Masing-masing mata serangga disebut omatidium (jamak: omatidia). Masing-masing omatidium berfungsi sebagai reseptor penglihatan yang terpisah. Setiap omatidium terdiri atas beberapa bagian, di antaranya berikut ini. (1) Lensa, permukaan depan lensa

merupakan satu faset mata majemuk. (2) Kerucut kristalin, yang tembus cahaya. (3) Sel-sel penglihatan, yang peka terhadap adanya cahaya. (4) Sel-sel yang mengandung pigmen, yang memisahkan omatidia dari omatidia di sekelilingnya. Setiap omatidium akan menyumbangkan informasi penglihatan dari satu daerah objek yang dilihat serangga, dari arah yang berbeda-beda. Bagian omatidia yang lain akan memberikan sumbangan informasi penglihatan pada daerah lainnya. Gabungan dari gambar-gambar yang dihasilkan dari setiap omatidium merupakan bayangan mosaik, yang menyusun seluruh pandangan serangga.

Sebagai contoh, mata lalat rumah terdiri atas 6.000 bentuk mata yang ditata dalam segi enam (omatidium). Setiap omatidium dihadapkan ke arah yang berbeda-beda, seperti ke depan, belakang, bawah, atas, dan ke setiap sisi, sehingga lalat dapat melihat ke mana-mana. Dengan demikian, lalat dapat mengindrai dalam daerah penglihatan dari semua arah. Pada setiap omatidium, terdapat delapan neuron sel saraf reseptor (penerima cahaya), sehingga secara keseluruhan terdapat sekitar 48.000 sel pengindra di dalam matanya. Dengan kelebihannya tersebut, mata lalat dapat memroses hingga seratus gambar per detik.

Tahukah Kamu?

Para ilmuwan berusaha mengembangkan peralatan yang diperlukan untuk kepentingan manusia dengan meniru rancangan mata lalat yang luar biasa. Misalnya, para ilmuwan mengembangkan alat detektor gerakan berkecepatan tinggi dan kamera sangat tipis yang dapat membidik ke banyak arah. Salah satu bidang yang memanfaatkan kamera tersebut adalah bidang medis, untuk memeriksa bagian dalam lambung. Alat tersebut dikembangkan agar dapat ditelan oleh pasien. Jika sudah sampai di dalam lambung, alat tersebut akan mengumpulkan data melalui mata majemuknya dan mengirimkan laporannya tanpa kabel. Ada pula ilmuwan yang mengembangkan mata majemuk tiruan berukuran lebih kecil daripada kepala jarum pentul yang terdiri atas 8.500 lebih lensa. Namun demikian, kehebatan ciptaan manusia tersebut tidak ada artinya jika dibandingkan dengan mata majemuk serangga, misalnya capung yang mempunyai kira-kira 30.000 satuan optik di setiap matanya! Kamu mengetahui siapa pencipta mata majemuk serangga yang demikian hebat?

C. Alat Optik dalam Kehidupan Sehari-hari

Ayo, Kita Pelajari

- Kamera
- Lup
- Mikroskop
- Teleskop

Istilah Penting

- Diafragma
- Lensa objektif
- Lensa okuler
- Teleskop bias
- Teleskop pantul

Mengapa Penting?

Mempelajari materi ini akan membantu kamu memahami prinsip kerja beberapa alat optik agar nantinya kamu dapat mengembangkan alat optik yang lebih canggih, untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi bangsa Indonesia.

Pada bagian awal bab ini, kamu telah menyebutkan berbagai macam alat optik yang pernah kamu jumpai. Bahkan mungkin juga, beberapa alat optik yang kamu sebutkan itu pernah kamu gunakan. Pada bagian ini kamu akan mempelajari berbagai macam alat optik. Selain itu, kamu juga akan mempelajari prinsip penggunaan alat-alat optik tersebut. Sebelum mempelajari alat optik lebih dalam, lakukan kegiatan berikut!

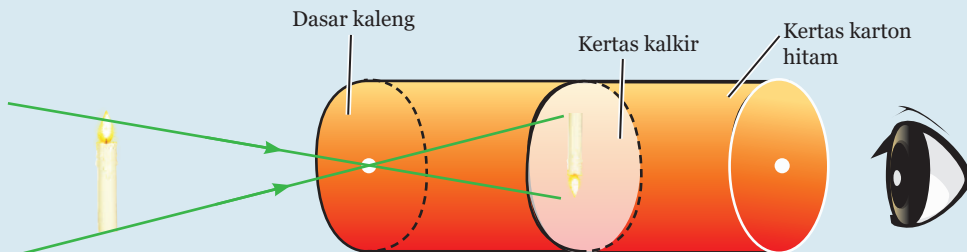
Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 11.8 Membuat Kamera Obscura

Apa yang kamu perlukan?

1. 1 buah kaleng bekas susu bubuk
2. Kertas minyak putih atau kertas kalkir atau kertas polos yang tipis
3. Kertas karton hitam
4. Karet gelang
5. Paku kecil
6. Palu
7. Gunting
8. Lilin/lampu

Apa yang harus kamu lakukan?

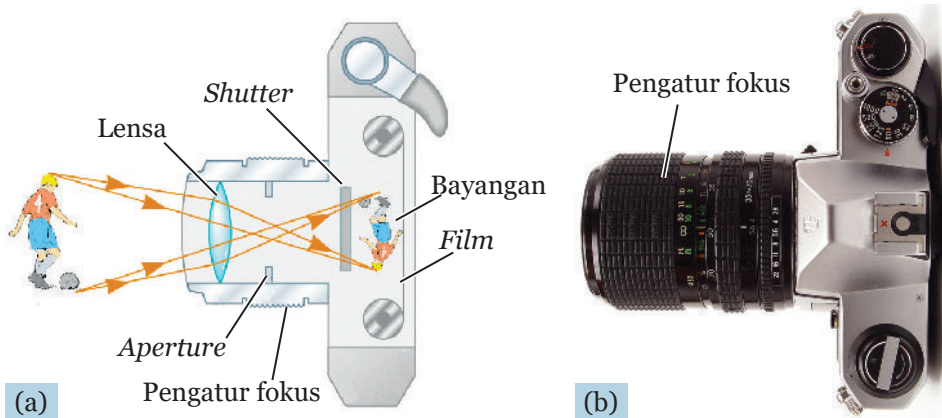
1. Buat lubang kecil dengan paku di tengah-tengah dasar kaleng!
2. Tutup bagian kaleng yang terbuka dengan kertas minyak atau kertas kalkir! Kemudian, ikat dengan karet gelang hingga kuat!
3. Tutup bagian ini dengan karton hitam sehingga kertas minyak berada di dalam gulungan kertas hitam dan terlindung dari cahaya!
4. Nyalakan lilin, kemudian letakkan di muka lubang pada kaleng!
5. Lihat kertas minyak melalui lubang kertas hitam. Apa yang kamu lihat?
6. Geser-geser kameramu sehingga bayangan lilin pada kertas minyak terlihat jelas!
7. Bagaimana sifat bayangan yang terbentuk?
8. Bandingkan dengan Gambar 11.35!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.35 Skema Kamera Obscura

1. Kamera

Apakah kamu pernah mengambil gambar teman atau orang-orang terdekatmu dengan menggunakan kamera? Pernahkah kamu berpikir tentang bagaimana proses pembentukan bayangan pada kamera? Perhatikan Gambar 11.36!

Pada saat kamu mengambil gambar suatu benda dengan sebuah kamera, cahaya dipantulkan dari benda tersebut dan masuk ke lensa kamera. Kamera memiliki diafragma dan pengatur cahaya (*shutter*) untuk mengatur jumlah cahaya yang masuk ke dalam lensa. Dengan jumlah cahaya yang tepat akan diperoleh foto atau gambar yang jelas. Sementara itu, untuk memperoleh foto yang tajam dan tidak kabur perlu mengatur fokus lensa. Cahaya yang melalui lensa kamera tersebut memfokuskan bayangan benda pada film foto. Bayangannya

nyata, terbalik, dan lebih kecil dari benda aslinya. Perhatikan prinsip kerja kamera sederhana ini dengan diagram cahaya lensa cembung. Ukuran bayangan tersebut bergantung pada panjang fokus lensa, dan jarak lensa itu pada film tersebut. Jika diperhatikan, bagian-bagian dari kamera memiliki kemiripan dengan mata. Cobalah mengidentifikasi bagian-bagian kamera yang memiliki fungsi yang serupa dengan bagian-bagian mata!

Sumber: (a) Haliday & Reisnick, (b) Dok. Kemdikbud

Gambar 11.36 Pembentukan Bayangan pada Kamera Analog

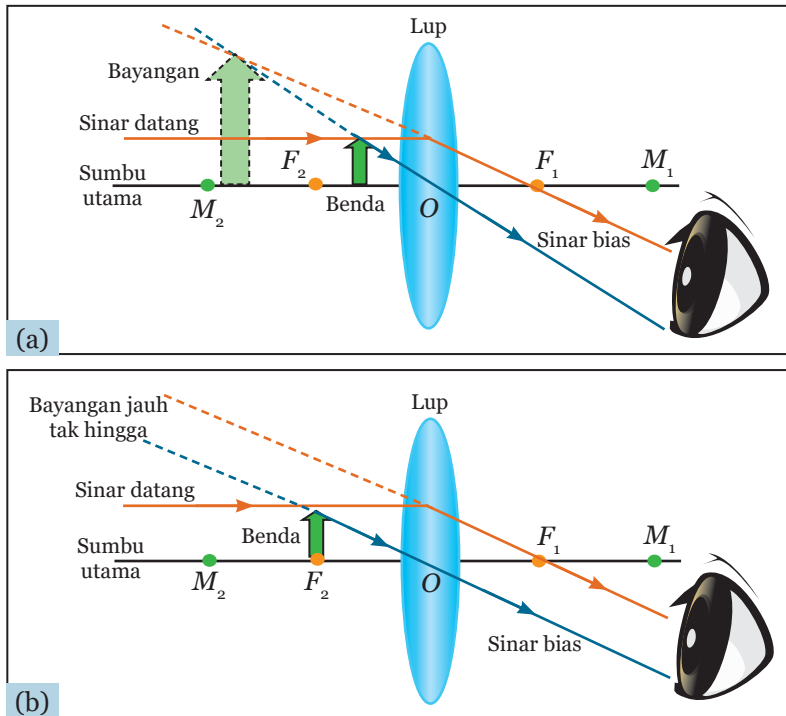
2. Kaca Pembesar (Lup)

Pernahkah kamu melihat film yang mengisahkan tentang detektif? Ketika detektif tersebut mengungkap suatu kasus maka mereka ada yang membawa suatu benda di tangannya. Apakah benda itu? Apa fungsi benda tersebut? Perhatikan Gambar 11.37 agar kamu dapat menjawab pertanyaan di atas. Sebuah kaca pembesar memungkinkan kita untuk menempatkan objek lebih dekat ke mata kita sehingga objek tampak terlihat sudut lebih besar.

Sumber: Dok. Kemdikbud

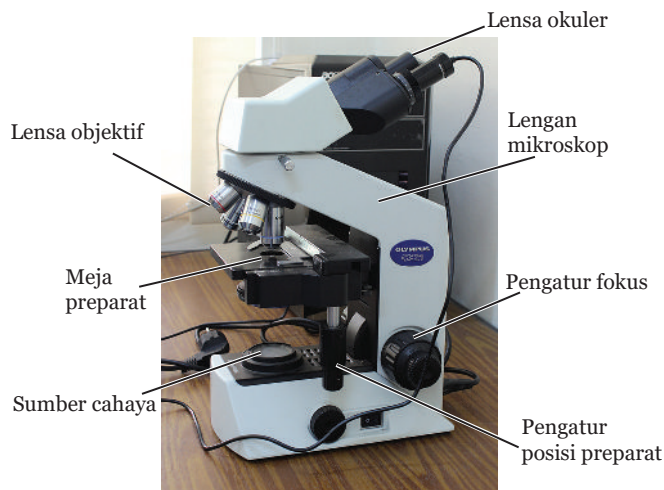
Gambar 11.37 Kaca Pembesar (Lup)

Seberapa besar suatu objek terlihat dengan mata, dan seberapa jelas kita dapat melihat bagian-bagian kecil pada objek tersebut? Hal ini bergantung pada ukuran bayangan objek pada retina. Ukuran bayangan bergantung pada sudut pada mata

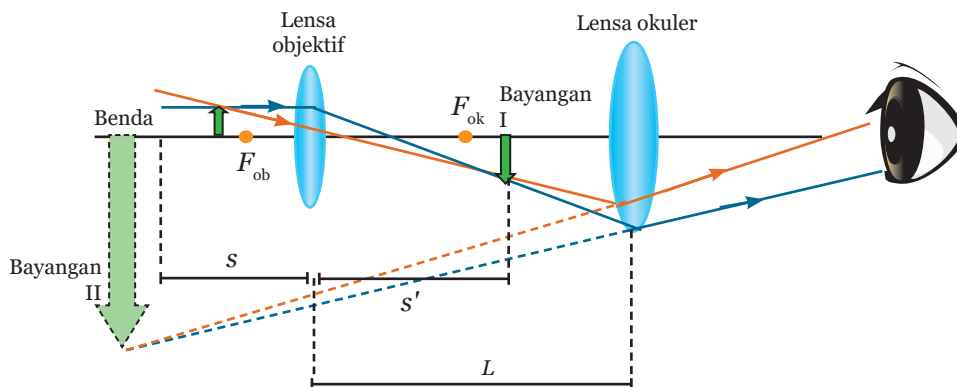
yang berhadapan dengan objeknya. Agar mata tidak mudah lelah saat menggunakan lup, letakkan benda tepat di titik fokus lup, sehingga mata tidak berakomodasi. Perhatikan Gambar 11.38!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.38 (a) Pengamatan Menggunakan Lup dengan Mata Berakomodasi Maksimum, (b) Pengamatan Menggunakan Lup dengan Mata Tidak Berakomodasi

3. Mikroskop

Jika kamu akan melihat sel, jaringan pada penampang melintang batang tumbuhan, organisme mikroskopis seperti bakteri, alat apa yang akan kamu gunakan? Kamu pasti akan menggunakan mikroskop bukan? Tahukah kamu bagaimana prinsip kerja mikroskop? Mikroskop memiliki dua lensa utama, yaitu lensa okuler dan lensa objektif. Lensa okuler adalah lensa yang posisinya dekat dengan mata pengamat. Lensa objektif adalah lensa yang posisinya dekat dengan objek/benda yang sedang diamati. Perhatikan Gambar 11.39!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.39 Mikroskop Cahaya

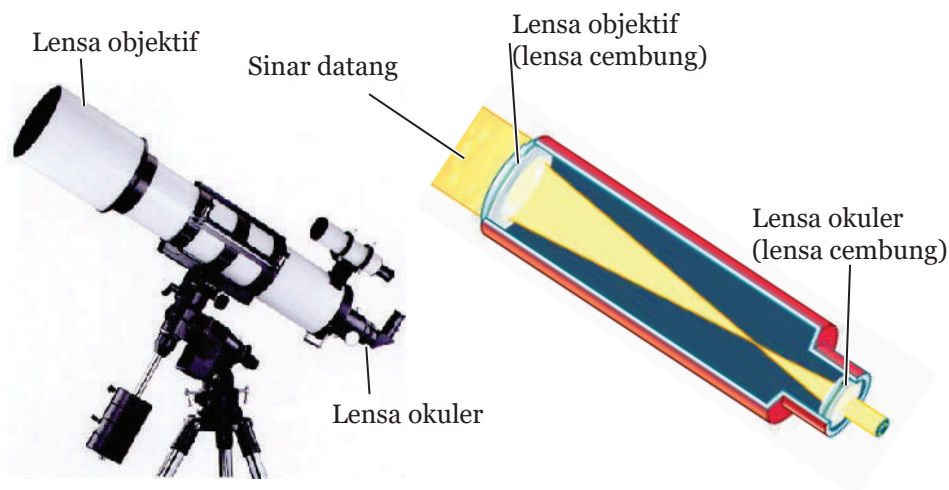
Baik lensa okuler maupun lensa objektif merupakan lensa cembung yang memiliki fokus yang berbeda. Benda yang diamati ditempatkan pada sebuah kaca objek dan disinari dari bawah. Cahaya melalui lensa objektif dan membentuk bayangan nyata dan diperbesar. Bayangan itu diperbesar, sebab benda itu terletak di antara satu dan dua jarak fokus lensa objektif. Selanjutnya, bayangan nyata diperbesar lagi oleh lensa okuler untuk menghasilkan bayangan maya dan diperbesar. Susunan lensa seperti ini memungkinkan menghasilkan bayangan ratusan kali lebih besar dari objek aslinya. Perhatikan Gambar 11. 40.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.40 Pembentukan Bayangan pada Mikroskop

4. Teleskop

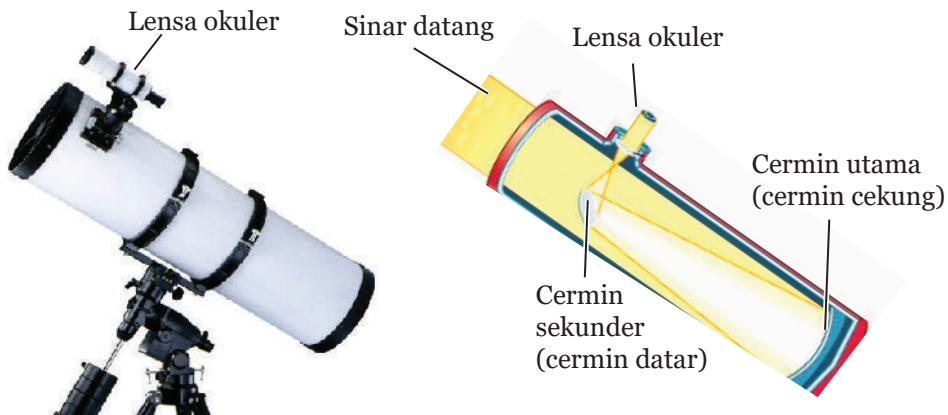
Kamu tentunya pernah melihat bulan pada malam hari. Apakah kamu dapat melihat secara jelas permukaan bulan dengan menggunakan mata telanjang? Dengan menggunakan sebuah teleskop, kamu akan dapat melihat kawah dan ciri-ciri lain di permukaan bulan secara jelas. Teleskop dirancang untuk mengumpulkan cahaya dari benda-benda yang jauh. Teleskop dapat berupa teleskop bias dan teleskop pantul.

a. Teleskop Bias

Teleskop adalah alat optik yang dapat membuat benda-benda yang berada pada tempat yang jauh menjadi terlihat dekat. Perhatikan Gambar 11.41! Teleskop bias sederhana merupakan kombinasi antara dua lensa cembung yang terletak pada bagian pipa. Lensa yang lebih besar adalah lensa objektif, sedangkan yang lebih kecil adalah lensa okuler (lensa mata). Lensa objektif membentuk sebuah bayangan dan kemudian bayangan tersebut akan diperbesar oleh lensa okuler. Lensa objektif pada teleskop bias memiliki diameter yang lebih besar daripada diameter mata kamu saat membuka. Hal ini berarti akan lebih banyak cahaya yang dipantulkan oleh objek yang dapat masuk ke dalam lensa yang kemudian akan masuk ke dalam mata. Dengan demikian, bayangan yang terbentuk oleh lensa objektif akan lebih jelas daripada bayangan yang terbentuk oleh mata, karena bayangan yang terbentuk sangat jelas, maka objek yang terlihat juga menjadi lebih detail.

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.41 Teleskop Bias

b. Teleskop Pantul

Lensa objektif yang terdapat pada teleskop pantul digantikan oleh cermin cekung. Bayangan dari sebuah objek yang letaknya jauh terbentuk di dalam tabung teleskop ketika cahaya dipantulkan dari cermin cekung. Cahaya yang dipantulkan objek yang jauh memasuki salah satu ujung tabung dan ditangkap oleh cermin lain pada ujung yang lain. Cahaya ini dipantulkan dari cermin cekung ke cermin datar yang ada di dalam tabung. Cermin datar kemudian memantulkan cahaya ke lensa okuler, yang berfungsi memperbesar gambar. Perhatikan Gambar 11.42!

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.42 Teleskop Pantul

Ayo, Kita Renungkan

Setelah mempelajari tentang indra penglihatan dan alat optik, kamu dapat memahami proses melihat suatu benda. Proses yang dilalui bukanlah proses yang sederhana, bahkan proses yang sangat rumit. Saat cahaya yang terlalu terang mengenai wajahmu, tanpa disadari mata pasti langsung tertutup. Ini merupakan salah satu gerak refleks yang bertujuan menjaga mata dari masuknya cahaya terlalu besar yang dapat menyebabkan kerusakan pada mata. Mata merupakan salah satu organ penting yang harus digunakan dan dijaga dengan baik.

Pernahkah kamu berpikir bahwa organ mata telah menginspirasi para ilmuwan membuat berbagai alat untuk kesejahteraan umat manusia? Para ilmuwan dianugerahi Tuhan kemampuan untuk dapat menerapkan prinsip kerja organ penglihatan seperti lensa, iris

mata, dan retina untuk membuat kacamata, teleskop, mikroskop, dan kamera. Alat-alat tersebut sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Kacamata dapat membantu manusia yang mengalami gangguan penglihatan. Mikroskop digunakan untuk mengetahui mikroorganisme, struktur jaringan, struktur sel, struktur organel dari makhluk hidup, dan lain sebagainya. Kamera dapat digunakan untuk mengambil gambar dan mengabadikan kejadian-kejadian dalam hidup kita.

Bagaimana sikapmu setelah mempelajari materi tentang cahaya dan alat optik? Coba kamu jawab pertanyaan pada Tabel 11.7 dengan memberi tanda centang (✓) pada kolom "ya" atau "tidak"!

Tabel 11.7 Pertanyaan untuk Refleksi Terkait Cahaya dan Alat Optik

No	Pertanyaan	Ya	Tidak
1	Sudahkah kamu bersyukur atas karunia Tuhan berupa mata dan keberadaan alat optik yang dibuat dengan menerapkan prinsip kerja mata?		
2	Apakah kamu selalu menjaga kesehatan mata dengan membaca pada jarak minimal 30 cm?		
3	Apakah kamu selalu berusaha menjaga kesehatan mata dengan mengonsumsi makanan dan minuman yang mengandung vitamin A seperti wortel, sawi, telur, susu, dan lain sebagainya?		
4	Apakah kamu terinspirasi untuk membuat teknologi tepat guna yang menerapkan konsep cahaya dan alat optik?		
5	Apakah kamu mampu mengidentifikasi bagian kamera yang memiliki cara kerja seperti mata?		

Coba kamu hitung, berapa total skormu dengan ketentuan:

- Jawaban "ya" mendapat skor 2 (dua)
- Jawaban "tidak" mendapat skor 0 (nol)

Bandingkan total skormu dengan kriteria berikut.

- Skor 0 - 3 : berarti kamu memiliki sikap yang kurang baik dalam mempraktikkan konsep cahaya dan alat optik.
- Skor 4 - 6 : berarti kamu memiliki sikap yang baik dalam mempraktikkan konsep cahaya dan alat optik.
- Skor 7 - 10 : berarti kamu memiliki sikap yang sangat baik dalam mempraktikkan konsep cahaya dan alat optik.

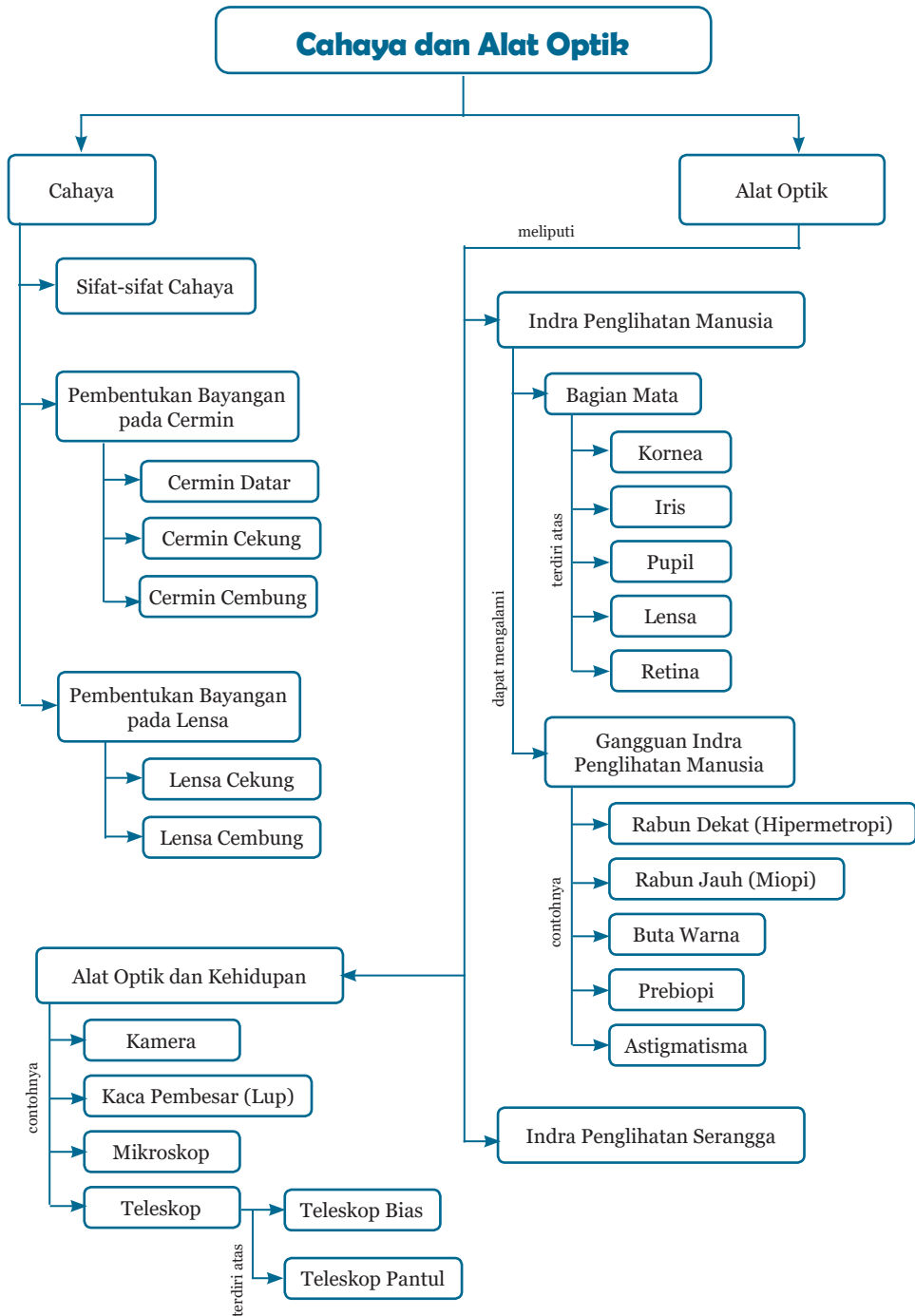
Untuk kamu yang memiliki sikap yang kurang baik, sebaiknya terus berusaha untuk meningkatkan motivasimu dalam belajar tentang materi cahaya dan alat optik.

Info Tokoh
Abbas Ibnu Firnas
Menemukan kaca dan menemukan cara pembuatan kaca silika dan kaca murni tak berwarna
810-887 M
Ibnu al-Haitham
Ilmuwan dari Basra yang merupakan penemu kamera obscura
940-1000 M
Ibnu Sahl
Seorang filsuf dari Andalusia yang menemukan hukum pembiasan cahaya
965-1039 M
1214-1294 M
Roger Bacon
Filsuf inggris penemu kaca pembesar (lup)
Galileo Galilei
Menemukan teleskop
1564-1642 M
Antoni Van Leeuwenhoek
1632-1723M
Menemukan mikroskop

Rangkuman

1. Cahaya memiliki sifat-sifat khusus. Cahaya dapat merambat lurus, dipantulkan, dibiaskan, dan merupakan gelombang elektromagnetik.
2. Pemantulan cahaya dapat berupa pemantulan baur dan pemantulan teratur.
3. Pemantulan baur terjadi jika cahaya dipantulkan oleh bidang yang tidak rata, seperti aspal, tembok, batang kayu, dan lainnya.
4. Pemantulan teratur terjadi jika cahaya dipantulkan oleh bidang yang rata, seperti cermin datar atau permukaan air danau yang tenang. Pada pemantulan baur dan pemantulan teratur, sudut pantulan cahaya besarnya selalu sama dengan sudut datang cahaya.
5. Cahaya yang mengenai benda sebagian akan dipantulkan ke mata dan sebagian lagi akan diserap benda sebagai energi.
6. Cahaya dapat dipantulkan pada cermin datar, cermin cekung, dan cermin cembung.
7. Cahaya akan dibiaskan ketika melalui dua medium dengan kerapatan optik yang berbeda.
8. Cahaya dapat dibiaskan pada lensa cekung dan lensa cembung.
9. Warna cahaya yang dapat dilihat tergantung pada panjang gelombang dari gelombang cahaya yang masuk ke mata.
10. Benda hanya akan memantulkan spektrum cahaya yang warnanya sama dengan warna permukaan benda tersebut, sehingga kita dapat mengindrai dengan tepat warna-warna benda tersebut.
11. Gelombang cahaya terbentuk karena adanya perubahan medan magnet dan medan listrik secara periodik, sehingga merupakan gelombang elektromagnet.
12. Gelombang cahaya matahari memancar ke segala arah sampai ke bumi meskipun melalui ruang hampa udara. Hal ini berarti gelombang cahaya dapat merambat pada ruang kosong (hampa udara) tanpa adanya materi.
13. Pembentukan bayangan pada cermin dan lensa menggunakan sinar-sinar istimewa.

14. Bayangan bersifat nyata apabila titik potongnya diperoleh dari perpotongan sinar-sinar pantul yang konvergen (mengumpul). Sebaliknya, bayangan bersifat maya apabila titik potongnya merupakan hasil perpanjangan sinar-sinar pantul yang divergen (menyebar).
15. Bayangan pada cermin datar bersifat maya.
16. Bayangan yang terbentuk pada cermin cembung bersifat maya, tegak, dan diperkecil.
17. Sifat bayangan yang terbentuk pada lensa cekung dan lensa cembung tergantung pada posisi benda.
18. Pembentukan bayangan pada mata manusia merupakan bentuk pemanfaatan alat optik dalam kehidupan sehari-hari.
19. Jenis alat optik dalam kehidupan sehari-hari adalah kamera, lup, mikroskop, teropong, dan teleskop.
20. Bagian mata yang banyak berperan pada proses pembentukan bayangan benda adalah kornea, iris, lensa, dan retina.
21. Gangguan pada lensa mata dapat menyebabkan seseorang menderita miopi, hipermetropi, buta warna, presbiopi, dan astigmatisma.
22. Miopi adalah kelainan yang menyebabkan seseorang tidak dapat melihat dengan jelas benda yang jaraknya jauh (tak hingga). Penderita hipermetropi dapat dibantu dengan lensa cekung.
23. Hipermetropi adalah kelainan yang menyebabkan seseorang tidak dapat melihat dengan jelas benda yang jaraknya dekat. Penderita hipermetropi dapat dibantu dengan lensa cembung.
24. Buta warna adalah kelainan yang disebabkan ketidakmampuan sel-sel kerucut mata untuk menangkap suatu warna tertentu.
25. Penderita presbiopi tidak mampu melihat dengan jelas benda-benda yang berada di jarak jauh maupun benda yang berada pada jarak dekat. Presbiopi dapat dibantu dengan kaca mata rangkap, yaitu kaca mata cembung dan cekung.
26. Mata serangga disebut juga mata majemuk atau mata faset yang terdiri atas beberapa omatidia. Omatidia berfungsi sebagai reseptor penglihatan yang terpisah. Gabungan seluruh respons dari omatidia merupakan bayangan mosaik.

Bagan Konsep

A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Fakta yang benar tentang hubungan antara cahaya dan kemampuan mata untuk melihat benda adalah ....
   A. mata dapat melihat benda karena benda memiliki kemampuan menyerap cahaya yang diterima
   B. mata dapat melihat benda karena benda memantulkan cahaya yang diterimanya, sehingga cahaya masuk ke mata
   C. mata dapat melihat benda karena cahaya yang mengenai benda dibiaskan
   D. mata dapat melihat benda karena saraf-saraf mata memiliki kemampuan untuk melihat benda, sehingga kemampuan mata untuk melihat tidak ada hubungannya dengan cahaya

2. Berikut ini proses perjalanan cahaya pada mata hingga terbentuk bayangan benda adalah ....
   A. pupil – kornea – iris – lensa mata (cahaya membentuk bayangan) – bayangan ditangkap retina
   B. pupil – iris –kornea – lensa mata (cahaya membentuk bayangan) – bayangan ditangkap retina
   C. kornea – pupil – iris – lensa mata (cahaya membentuk bayangan) – bayangan ditangkap retina
   D. kornea – pupil – lensa mata (cahaya membentuk bayangan) – bayangan ditangkap retina

3. Bagian mata yang mengatur jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata adalah ....
   A. iris
   B. pupil
   C. kornea
   D. saraf mata

4. Edo menderita miopi sehingga dia tidak dapat melihat benda yang berada pada jarak jauh dengan jelas. Jenis lensa untuk membantu penglihatan Edo adalah ....
   A. lensa tipis
   B. lensa ganda

C. lensa cekung
D. lensa cembung

5. Pelangi merupakan salah satu peristiwa yang menunjukkan bahwa cahaya memiliki sifat ....
   A. cahaya tampak
   B. cahaya merambat lurus
   C. cahaya dipantulkan
   D. cahaya dibiaskan

6. Sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung apabila benda terletak pada jarak kurang dari titik fokus cermin adalah ....
   A. nyata, terbalik, diperkecil, dan terletak antara *M* dan *F*
   B. nyata, terbalik, diperbesar, dan terletak di depan *M*
   C. maya, tegak, diperbesar, dan terletak di belakang cermin
   D. nyata, terbalik, sama besar dan terletak di titik *M*

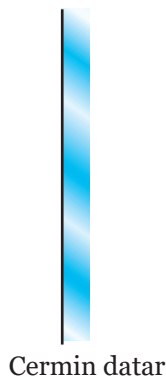
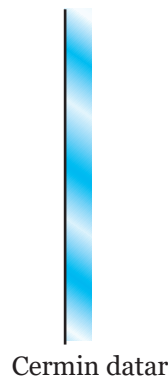
7. Pasangan yang tepat antara lensa yang terdapat pada mikroskop dan bayangan yang dibentuk oleh lensa adalah ....
   A. lensa objektif = bayangan maya dan diperbesar; lensa okuler = bayangan maya dan diperbesar
   B. lensa objektif = bayangan nyata dan diperbesar; lensa okuler = bayangan nyata dan diperbesar
   C. lensa objektif = bayangan nyata dan diperkecil; lensa okuler = bayangan maya dan diperbesar
   D. lensa objektif = bayangan nyata dan diperbesar; lensa okuler = bayangan maya dan diperbesar

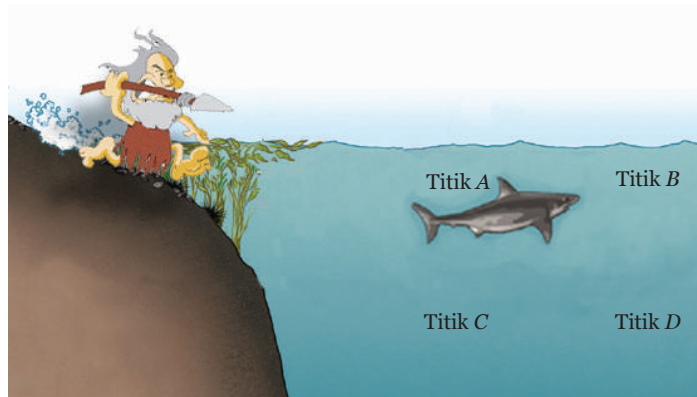
8. Alat optik yang memiliki lensa cembung sehingga dapat membantu mendekatkan objek ke mata serta membantu untuk melihat benda yang kecil adalah ....
   A. lup
   B. teleskop
   C. teropong
   D. mikroskop

9. Sebuah benda yang tingginya 12 cm diletakkan 10 cm di depan cermin cembung yang jari-jari kelengkungannya 30 cm. Sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin tersebut adalah ....
   A. maya, tegak, dan diperkecil
   B. maya, tegak, dan diperbesar
   C. nyata, terbalik, dan diperkecil
   D. nyata, tegak, dan diperbesar

10. Seseorang ingin melihat suatu benda yang berada di depan mata pada jarak 25 cm. Jika jarak kornea mata ke retina adalah 2,5 cm, maka panjang fokus sistem lensa-kornea agar benda terlihat paling jelas oleh mata orang tersebut adalah ... cm.
    A. 2,26
    B. 2,24
    C. 3,52
    D. 3,54

B. Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan benar!

1. Mata yang normal memiliki kemampuan untuk melihat benda dengan jelas pada jarak yang dekat dan jauh. Mengapa mata kita memiliki kemampuan tersebut?
2. Beni memiliki penglihatan normal, kemudian dia mencoba kacamata Udin yang berlensa negatif. Ternyata, penglihatan Beni menjadi kabur. Mengapa hal ini terjadi?
3. Lukislah bayangan yang dibentuk oleh cermin datar untuk benda-benda di bawah ini!

4. Lensa cembung sering disebut dengan lensa pengumpul (konvergen), sedangkan lensa cekung sering disebut lensa penyebar (divergen), mengapa demikian? Agar mudah menjelaskan, gunakan gambar hasil pembiasan cahaya pada lensa tersebut!
5. Seseorang yang memiliki tinggi dari ujung kaki sampai ke matanya 150 cm berdiri di depan cermin datar yang tingginya 30 cm. Cermin itu ditegakkan vertikal di atas meja yang tingginya 80 cm dari lantai. Berapakah tinggi bayangan bagian badan orang itu yang dapat dilihat di cermin?

6. Banyak peristiwa terjadinya orang tenggelam di kolam renang. Salah satu penyebabnya adalah kesalahan memperkirakan kedalaman kolam ketika dilihat dari atas permukaan air kolam. Peristiwa apa yang terjadi pada kasus tersebut? Jelaskan jawaban kamu!
7. Perhatikan gambar di bawah ini! Jika seseorang ingin menombak ikan di dalam air, ke titik manakah posisi ujung tombak diarahkan agar ikan dapat tertangkap? Jelaskan jawaban kamu!

Sumber: Dok.Kemdikbud

Ayo, Kita Kerjakan Proyek

Membuat Poster Pembentukan Bayangan pada Cermin Cekung dan Lensa Cembung

- **Permasalahan**

Cermin cekung banyak digunakan untuk pemantul pada lampu sorot mobil, senter, dan pengumpul sinar matahari dengan menggunakan teknik pemantulan cahaya pada kompor tenaga surya. Penggunaan cermin cekung pada alat tersebut tidak terlepas dari bayangan yang terbentuk pada cermin cekung. Masih ingatkah kamu dengan percobaan lensa cembung? Alat optik apakah yang menggunakan prinsip lensa cembung pada kedua sisinya? Bagaimana pembentukan bayangan pada cermin cekung dan lensa cembung? Apakah kamu sudah memahami proses pembentukan bayangan pada cermin cekung dan lensa cembung?

- **Perencanaan**

Buatlah kelompok yang terdiri atas 3-5 orang. Diskusikanlah alat dan bahan poster yang akan kamu gunakan untuk menunjukkan proses pembentukan bayangan pada cermin cekung dan lensa cembung.

- **Pelaksanaan**

Susunlah poster yang menunjukkan proses pembentukan bayangan pada cermin cekung dan lensa cembung. Berkonsultasilah pada gurumu jika kamu dan kelompokmu mengalami kesulitan. Presentasikan hasil poster yang kamu susun di depan kelas.

- **Penilaian**

Penilaian dilakukan berdasarkan:

1. Produk berupa poster tentang proses pembentukan bayangan pada cermin cekung dan lensa cembung.
2. Presentasi poster tentang proses pembentukan bayangan pada cermin cekung dan lensa cembung.

Informasi Pelaku Penerbitan

Penulis 1

Nama Lengkap : Prof. Dr. Siti Zubaidah, M.Pd.
Telp Kantor/HP : 0341-588077/081334435234
E-mail : siti.zubaidah.fmipa@um.ac.id
Alamat Kantor : Jl. Semarang 5 Malang 65145
Bidang Keahlian : Biologi/Pendidikan Biologi

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  1. 2015–sekarang: Koordinator Program Studi S2-S3 Pendidikan Biologi Program Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
  2. 2012–2015: Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian Bidang Pendidikan (LP2M) Universitas Negeri Malang.
  3. 2004–Sekarang: Dosen Program Studi Pendidikan Biologi Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
  4. 1993–Sekarang: Dosen Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang.

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S3: Hama dan Penyakit Tanaman-Universitas Brawijaya Malang (2001-2004).
  2. S2: Pendidikan Biologi-IKIP Malang (1995-1998).
  3. S1: Pendidikan Biologi-IKIP Malang (1987-1992).

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**
  1. Buku Siswa dan Buku Guru Ilmu Pengetahuan Alam Kelas IX (2015).
  2. Buku Siswa dan Buku Guru Ilmu Pengetahuan Alam Kelas VIII (2014).
  3. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan ke-4) (2014).
  4. Ragam Model Pembelajaran IPA SMP (cetakan ke-2) (2014).
  5. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan ke-3) (2013).
  6. Ragam Model Pembelajaran IPA SMP (cetakan ke-1) (2013).
  7. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan ke-2) (2012).
  8. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan ke-1) (2011).
  9. Model-Model Pembelajaran Inovatif. (Pemberdayaan Berpikir Melalui Pertanyaan) (2007).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**

Penelitian di Bidang Biologi:

1. Uji Multilokasi Galur-galur Kedelai untuk Perakitan Kedelai Tahan CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*) (2015).
2. Seleksi Galur-galur Kedelai Generasi F5 untuk Perakitan Kedelai Tahan CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*) (2012).
3. Karakterisasi Morfologi, Anatomi, dan Agronomi Plasma Nutfah Kedelai untuk Pembentukan Kedelai Tahan CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*) (2011).
4. Pembentukan Varietas Unggul Kedelai Tahan CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*) Berdaya Hasil Tinggi (Tahun II) (2010).
5. Pembentukan Varietas Unggul Kedelai Tahan CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*) Berdaya Hasil Tinggi (Tahun I) (2009).
6. Konfirmasi CVPD Berbasis PCR pada Tanaman Jeruk Bergejala Klorosis di Poncokusumo Jawa Timur (2009).
7. Uji Kemampuan Antibiotik Dalam Upaya Eliminasi Bakteri CVPD pada Mata Tunas untuk Bahan Bibit Jeruk (2008).
8. Perbaikan Genetik Varietas Unggul Kedelai Berdaya Hasil Tinggi untuk Ketahanan terhadap CPMMV (*Cowpea mild Mottle Virus*) (2007).
9. Identifikasi Penanda Molekuler RAPD untuk Ketahanan Genotipe Plasma Nutfah Kedelai Terhadap CPMMV (*Cowpea Mild Mottle Virus*) (2006).

Penelitian di Bidang Pendidikan:

1. Pengembangan Model Pembelajaran Biologi Berbasis *Remap Coople* untuk Pemberdayaan Berpikir Siswa Indonesia Berkarakter Minat Baca Rendah (2015).
2. Pengembangan Model Pembelajaran Biologi Berbasis *Remap Coople* untuk Pemberdayaan Berpikir Siswa Indonesia Berkarakter Minat Baca Rendah (2014).
3. Model Pendidikan Karakter Bangsa Berbasis Kearifan Lokal di Sekolah di Provinsi Jawa Timur (2014).
4. Kajian *Grand Design* Pendidikan Menengah Kejuruan di Jawa Timur (2014).
5. Pemetaan Kesiapan Implementasi Kurikulum 2013 Dalam Upaya Pengembangan Model Pemecahan Masalah Pembelajaran dan Penilaian Sebagai Penguatan Pendidikan Karakter di SMP Jawa Timur (2014).
6. Pemetaan Kesiapan Implementasi Kurikulum 2013 Dalam Upaya Pengembangan Model Pemecahan Masalah Pembelajaran dan Penilaian Sebagai Penguatan Pendidikan Karakter di SMP Jawa Timur (2013).
7. Pembelajaran yang Memberdayakan Keterampilan Metakognitif, Pemahaman Konsep, dan Retensi pada Pembelajaran Biologi SMA di Malang untuk Menolong Siswa Berkemampuan Akademik Rendah (2012).
8. Pemberdayaan *Blended Learning* pada Perkuliahan Genetika di Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang (2011).
9. Pemetaan dan Pengembangan Mutu Pendidikan di Malang Raya (Kota Malang, Kabupaten Malang, Kota Batu) (2011).

- **Informasi Lain:**

Siti Zubaidah, lahir di Malang, 02 Juni 1968. Menikah dan dikaruniai 3 anak. Saat ini menetap di Kota Malang sebagai pengajar di Jurusan Biologi dan Pascasarjana Universitas Negeri Malang (UM). Dalam banyak kegiatan terlibat sebagai narasumber dalam *workshop* peningkatan kualitas guru dan dosen dalam bidang pembelajaran dan penelitian. Materi yang dikembangkan sesuai kompetensinya

dalam bidang biologi dan pendidikan biologi serta pembelajarannya. Dalam bidang biologi, saat ini terlibat dalam pengembangan kedelai tahan virus. Dalam bidang pendidikan biologi, terlibat dalam pengembangan model pembelajaran dan strategi pembelajaran yang mendorong kemampuan berpikir siswa.

Penulis 2

Nama Lengkap : Dr. Susriyati Mahanal, M.Pd
Telp Kantor/HP : 0341-512312/082143303052
E-mail : mahanals@yahoo.com
Alamat Kantor : Jl. Semarang No 5 Malang 65145
Bidang Keahlian : Biologi/Pendidikan Biologi

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  1. 1984–sekarang:Dosen Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang.
  2. 2010–sekarang: Dosen Program Studi Pendidikan Biologi Pascasarjana Universitas Negeri Malang.

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S3: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2007-2009)
  2. S2: Pendidikan Biologi-IKIP Malang (1995-1998)
  3. S1: Pendidikan Biologi-IKIP Malang (1980-1981)
  4. Sarjana Muda: Pendidikan Ilmu Hayat (1975-1978)

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**
  1. Buku Pendidikan Lingkungan Hidup sebagai Matapelajaran Muatan Lokal untuk Sekolah Dasar Kelas 1-6 (2015).
  2. Pendidikan Lingkungan Hidup untuk SMA Kelas X, Jilid 1-3 (2014).
  3. Buku Siswa dan Buku Guru Ilmu Pengetahuan Alam Kelas IX (2014).
  4. Model dan Metode Pembelajaran SMP IPA (Kerjasama PT Pertamina Persero dengan Universitas Negeri Malang) (2013).
  5. Ragam Model Pembelajaran IPA Sekolah Dasar (Kerjasama PT Pertamina Persero dengan Universitas Negeri Malang) (2010).
  6. Model-Model Pembelajaran Inovatif (Portofolio Sebagai Assessment Otentik) (2007).
  7. Botani Tumbuhan Bertalus (2004).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
  1. Pengembangan Buku Ajar Pendidikan Lingkungan Hidup (PLH) Sebagai Mata Pelajaran Muatan Lokal Pada Jenjang Pendidikan Sekolah Dasar (2013).
  2. Strategi Pengembangan Pendidikan Karakter (*Caharacter Building*) dalam Lembaga Sekolah di Provinsi Jawa Timur (2012).
  3. Pemetaan dan Pengembangan Mutu Pendidikan di Kota Kediri, Kabupaten Kediri, dan Kabupaten Ngawi (2011).

4. Pemetaan dan Pengembangan Mutu Pendidikan di Kota Madiun, Kabupaten Madiun, dan Kabupaten Magetan (2011).
5. Pengaruh Strategi Pembelajaran dan Gender terhadap Metakognisi dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA di Malang (2010).
6. Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Proyek Pada Mata Pelajaran Biologi untuk Memberdayakan Kemampuan Berpikir Kritis dan Sikap Terhadap Lingkungan Hidup Siswa SMA di Malang (2009).
7. Pengembangan perangkat Pembelajaran Deteksi Kualitas Sungai dengan Indikator Biologi untuk Memberdayakan Sikap Siswa SMA di Malang (2007).
8. Penerapan Pembelajaran Berdasarkan Masalah dengan Kooperatif STAD pada Mata Pelajaran IPA untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Siswa MIJS Malang (2006).
9. Penerapan Pembelajaran Berdasarkan Masalah dengan Kooperatif STAD pada Mata Pelajaran IPA Biologi untuk Meningkatkan Keterampilan Proses dan Berpikir Siswa SMA SMP dengan Setting Wilayah Pertanian Malang (2006).

■ **Informasi Lain:**

Susriyati Mahanal, lahir 10 Agustus 1956. Menikah dan dikarunia 2 orang puteri dan 1 orang putera. Saat ini menetap di Kota Malang sebagai pengajar di Jurusan Biologi dan Pascasarjana Universitas Negeri Malang (UM). Dalam banyak kegiatan terlibat sebagai narasumber dalam *workshop* peningkatan kualitas guru sebagai instruktur. Materi yang dikembangkan sesuai kompetensinya dalam bidang pendidikan biologi dan pembelajarannya yaitu: pengembangan bahan ajar dan asesmen, penelitian tindakan kelas, pemilihan strategi pembelajaran aktif yang mendorong kemampuan berpikir siswa. Sampai saat ini masih aktif melakukan penelitian-penelitian dalam bidang pembelajaran biologi.

Penulis 3

Nama Lengkap` : Dr. Lia Yuliati, M.Pd
Telp Kantor/HP : 0341 552125/08156257913
E-mail : lia.yuliati.fmipa@um.ac.id
Alamat Kantor : Jl. Semarang No 5 Malang 65145
Bidang Keahlian : Pendidikan IPA/Fisika

■ **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**

1. 1990–1999: Dosen di Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Fisika FPMIPA IKIP Medan.
2. 1999–Sekarang: Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Pascasarjana Universitas Negeri Malang.

■ **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S3: Pendidikan IPA-Universitas Pendidikan Indonesia (2002-2006).
2. S2: Pendidikan IPA-IKIP Bandung (1992-1995).
3. S1: Pendidikan Fisika-IKIP Bandung (1986-1990).

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**
  1. Buku Siswa dan Buku Guru Ilmu Pengetahuan Alam Kelas IX (2015).
  2. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan keempat) (2014).
  3. Ragam Model Pembelajaran IPA SMP (cetakan kedua) (2014).
  4. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan kelima) (2015).
  5. Buku Siswa dan Buku Guru Ilmu Pengetahuan Alam Kelas VIII (2014).
  6. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan ketiga)(2013).
  7. Ragam Model Pembelajaran IPA SMP (cetakan pertama) (2013).
  8. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan kedua) (2012).
  9. Ragam Model dan Metode Pembelajaran IPA SD (cetakan pertama) (2011).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
  1. Kemampuan Merancang Pembelajaran Calon Guru Fisika Berdasarkan PCK dan Kerangka Kerja TPACK (2015).
  2. Pengembangan Model Pembelajaran dengan Authentic Problem Based Learning (APBL) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Calon Guru Fisika UM (Tahun ke-2) (2014).
  3. Pengembangan Model Pembelajaran dengan Authentic Problem Based Learning (APBL) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Calon Guru Fisika UM (2013).
  4. Pengembangan Model Pembelajaran dengan Authentic Problem Based Learning (APBL) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Calon Guru Fisika UM (Tahun ke-1) (2012).
  5. Authentic Problem Based Learning (APBL) untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Siswa Kelas X-8 SMA Negeri VII Malang (2012).
  6. Peningkatan Kemampuan Pedagogik Calon Guru Fisika dengan Problem Based-Active Learning Pada Mata Kuliah Strategi Pembelajaran Fisika (2011).
  7. Pengembangan Bahan Ajar IPA Terpadu untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Siswa SMP/MTS (2010).
  8. Pengembangan Paket Bahan Ajar Mata Kuliah Pengembangan Pembelajaran IPA SD Pada Program PJJ-PGSD (2009).
  9. Pengembangan Bahan Ajar Mata Kuliah Strategi Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Kemampuan Mengajar Calon Guru Fisik (2008).

- **Informasi Lain:**

  Lia Yuliati, di Sumedang, Jawa Barat, 19 Juli 1968. Menikah dan dikarunia 1 orang puteri dan 1 orang putera. Pada tahun 1990-1999 bekerja sebagai dosen di Jurusan Fisika FPMIPA IKIP Medan, dan tahun 1999 sampai sekarang bekerja di Jurusan Fisika FMIPA dan Pascasarjana Universitas Negeri Malang. Dalam banyak kegiatan terlibat sebagai narasumber dalam *workshop* peningkatan kualitas guru sebagai instruktur. Materi yang dikembangkan sesuai kompetensinya dalam bidang pendidikan fisika dan pembelajarannya yaitu: pengembangan bahan ajar dan asesmen, penelitian tindakan kelas, pemilihan strategi pembelajaran aktif yang mendorong kemampuan berpikir siswa. Sampai saat ini masih aktif melakukan penelitian-penelitian dalam bidang pembelajaran fisika.

Penulis 4

Nama Lengkap : Drs. I Wayan Dasna, M.Si., M.Ed., Ph.D
Telp Kantor/HP : 0341 587582 / 081 233 69325
E-mail : idasna@um.ac.id
Akun Facebook : wdasna@gmail.com
Alamat Kantor : Jl. Semarang 5 Malang-Jawa Timur
Bidang Keahlian : Kimia dan Pembelajaran Sains

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  1. 1988–Sekarang: Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang.
  2. 2008–2012: Kepala Pusat Pengembangan Kurikulum, Pembelajaran dan Evaluasi, LP3, Universitas Negeri Malang.

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S3: Chimie Inorganique–Universite de Rennes 1–Rennes France (1998 - 2001).
  2. S2: Science Education–University of Houston – Texas USA (1995 – 1996).
  3. S2: Kimia-–ITB Bandung (1990 – 1993).
  4. S1: Pendidikan Kimia–IKIP MALANG (1983 -1988).

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**
  1. Inovasi Pembelajaran (2015).
  2. Buku Siswa dan Buku Guru Ilmu Pengetahuan Alam Kelas IX (2015).
  3. Penelitian Tindakan Kelas (2012).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
  1. Peningkatan kualitas hasil dan proses belajar matakuliah Kimia anorganik I dengan model pembelajaran Jigsaw termodifikasi (2011).
  2. Pengembangan bahan ajar IPA terpadu untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa SMP (2010).
  3. Penggunaan Model Siklus Belajar-*Group Investigation* untuk Meningkatkan Kompetesi Siswa Dalam Mempelajari Kimia di SMA Laboratorium Malang (2008).
  4. Penggunaan model pembelajaran *learning cycle*-peta konsep untuk Meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar kimia Siswa SMAN 1 Tumpang (2007).
  5. Dampak instruksional penggunaan model Siklus Belajar Tipe Hipotetikal-Abduktif terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar kimia siswa SMA (2007).
  6. Penggunaan model pembelajaran *learning cycle-cooperatif learning* untuk Meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar kimia Siswa SMAN 1 Tumpang (2006).

- **Informasi Lain:**
  I Wayan Dasna, lahir di Desa Abiansemal-Badung Bali tahun 1963. Menikah dan dikarunia 1 orang putra. Saat ini menetap di Kota Malang sebagai pengajar di Jurusan Kimia dan pascasarjana Universitas Negeri Malang (UM). Dalam banyak kegiatan terlibat sebagai narasumber dalam *workshop* peningkatan kualitas guru (Pengembangan Karier berkelanjutan) sebagai instruktur. Materi yang dikembangkan sesuai kompetensinya dalam bidang Kimia dan pembelajarannya yaitu: pengembangan bahan ajar, penelitian tindakan kelas, pemilihan strategi pembelajaran aktif yang mendorong kemampuan berpikir siswa. Sampai saat ini masih aktif melakukan penelitian-penelitian dalam bidang pembelajaran dan kimia anorganik.

Penulis 5

Nama Lengkap : Ardian Anjar Pangestuti, S.Pd., M.Pd.
Telp Kantor/HP : 085730081716
E-mail : d_an_mgt@yahoo.com
Akun Facebook : Ardian Anjar Pangestuti
Alamat Kantor : Jl. Citandui No. 46 Malang
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  1. Dosen IKIP Budi Utomo Malang (2015-sekarang).
  2. Guru SMP Ar-Rahmah "*Boarding School*" Dau, Malang (2012-2014).

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S2: Pendidikan Bologi-Universitas Negeri Malang (2012-2014).
  2. S1: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2007-2011).

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**
  Buku Siswa dan Buku Guru IPA Kelas IX (2015).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
  1. Penerapan Model Pembelajaran Biologi berbasis *Reading-Concept Map-Teams Games Tournaments* untuk Meningkatkan Minat Baca, Kemampuan Berpikir Kritis, Metakognitif dan Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas X IPA 4 SMA Laboratorium UM (2014).
  2. Pengaruh Ukuran Butir terhadap Sifat dielektrik Pasir Gali dari Srono Kabupaten Banyuwangi (2011).
  3. Penerapan Paduan Metode *Numbered Heads Together* dan *Student Teams Achievement Divisions* untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas VIII A SMP Negeri 13 Malang (2011).

Penulis 6

Nama Lengkap : Dyne Rizki Puspitasari
Telp Kantor/HP : -
E-mail : dyne_pasundan@yahoo.com
Akun Facebook : -
Alamat Kantor : Jl. Simpang Bogor T7
Bidang Keahlian : Pendidikan Fisika

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  1. Guru Fisika di SMAN 1 Malang (2011-2012).
  2. Guru IPA di SMP Laboratorium UM (2011-sekarang).

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S2: Pendidikan Fisika-Universitas Negeri Malang (2012–2014).
  2. S1: Pendidikan Fisika-Universitas Negeri Malang (2007–2011).

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**
  Buku Siswa dan Buku Guru IPA Kelas IX (2015)

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
  1. Penerapan *authentic assessment* dengan *feedback* untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa pada pembelajaran IPA kelas 8 di SMP Lab UM (2015)
  2. Pola keterampilan berpikir dan penguasaan konsep siswa pada strategi pembelajaran metakognisi berbantuan *thinking map* (2014)
  3. Peningkatan kemampuan berpikir siswa melalui pembelajaran berbasis inkuiri dengan model pencapaian konsep di kelas VIIA SMP Negeri 4 Malang (2011)

Penulis 7

Nama Lengkap : Hamim Thohari Mahfudhillah
Telp Kantor/HP : 085646738422
E-mail : hamimtm@gmail.com
Akun Facebook : www.facebook.com/hamim.vls
Alamat Kantor : -
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  1. Tentor Biologi di BMB Air-Langga (2013-2015)
  2. Guru Biologi SMAN 1 Kepanjen (2013)
  3. Guru Biologi SMA Islam Kepanjen (2015)

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S2: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2014–2017).
  2. S1: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2010–2014).

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**
  1. Pedoman Pengembangan Model Kampung Organik (2016).
  2. Buku Siswa dan Buku Guru IPA Kelas IX (2015).
  3. Pengelolaan Sampah Berbasis 6M Modul Pendukung untuk Sekolah Adiwiyata (2013).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
  1. Pengembangan modul Program Kawasan Rumah Pangan Lestari (KRPL) berbasis projek dan pengaruhnya terhadap sikap peduli lingkungan, keterampilan memecahkan masalah, dan keterampilan berkolaborasi siswa SMAN 1 Kepanjen (2016).
  2. Pengembangan modul sebagai solusi mengoptimalkan Program Kawasan Rumah Pangan Lestari, meningkatkan sikap peduli lingkungan, dan keterampilan memecahkan masalah siswa (2016).
  3. Implementasi model pembelajaran remap coople teams games tournament pada matakuliah pengantar pendidikan untuk meningkatkan kemampuan kognitif, motivasi, dan keterampilan komunikasi mahasiswa s1 pendidikan biologi (2015).
  4. Pengembangan media genetic box pada materi genetika kelas XII (2014).

Penulis 8

Nama Lengkap : Alifa Robitah
Telp Kantor/HP : 085736017813
E-mail : alifarobitah@gmail.com
Akun Facebook : Alifa Robitah
Alamat Kantor : Jl. Argopuro Gg.VII Situbondo
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  1. Dosen STKIP PGRI Situbondo (2015-sekarang).
  2. Guru SMA Ar-Rahmah "*Boarding School*" Dau, Malang (2011-2014).

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
  1. S2: Pendidikan Bologi-Universitas Negeri Malang (2012-2014).
  2. S1: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2007-2011).

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**

  Buku Siswa dan Buku Guru IPA Kelas IX (2015)

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
    1. Pengaruh Model Pembelajaran Biologi berbasis Inkuiri dan *Creative Problem Solving* (CPS) terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif, Keterampilan Proses Ilmiah dan Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas X (2014).
    2. Pengembangan Perangkat Penilaian Kinerja Laboratorium (*Laboratory Performance Assesment*) Matapelajaran Biologi Kelas VIII SMP Negeri 13 Malang (2011).

Penulis 9

Nama Lengkap : Zenia Lutfi Kurniawati
Telp Kantor/HP : 081217708485/085785757183
E-mail : zeniakurniawati2211@gmail.com
Akun Facebook : Jeje Zenia
Alamat Kantor :
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
    1. S2: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2014-2016).
    2. S1: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2009-2013).

- **Judul Buku dan Tahun Terbit:**
  Buku Siswa dan Buku Guru IPA Kelas IX (2015).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
  Pengembangan Media "Nefron" pada Materi Sistem Ekskresi sebagai Media Pembelajaran Kelas XI SMA (2013).

Penulis 10

Nama Lengkap :Fatia Rosyida, M.Pd.
Telp Kantor/HP : 0356329121/085730710364
E-mail : fatiarosyida9392@gmail.com
Alamat Kantor : Jl. Mondokan No 1 Tuban
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
  Guru di SMAN 4 Tuban (2017-sekarang)

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
    1. S2: Pendidikan Bologi-Universitas Negeri Malang (2014-2016).
    2. S1: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2010-2014).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
    1. Pengaruh Pembelajaran Biologi Berbasis *Reading Concept Map-Timed Pair Share* dan Kemampuan Akademik Berbeda terhadap Keterampilan Metakognitif, Keterampilan Berpikir Kritis, dan Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas X MIA SMA Negeri Batu (2016).
    2. Keterampilan Metakognitif dan Hasil Belajar Kognitif Siswa dengan Pembelajaran *Reading Concept Map-Timed Pair Share* (Remap-TmPS) (2016).
    3. Memberdayakan Keterampilan Berpikir Kritis dengan Model Pembelajaran *Reading Concept Map-Timed Pair Share* (Remap-TmPS) (2016).
    4. Kemampuan Bertanya dan Berpendapat Siswa SMA Negeri Batu Pada Mata Pelajaran Biologi (2015).
    5. Pengaruh Pembelajaran *Search Solve Create and Share* (SSCS) terhadap Motivasi, Hasil Belajar, dan Retensi Siswa Kelas X SMA (2014).

Penulis 11

Nama Lengkap	:Mar'atus Sholihah, S.Pd, M.Pd.
Telp Kantor/HP	: 0342-441597/085755473825
E-mail	: maratussholihah11292@gmail.com
Alamat Kantor	: Jl. Nyiur Bcem Sutojayan Blitar
Bidang Keahlian	: Pendidikan Biologi

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**
    Guru di MTs-MA Sirojut Tholibin Bacem Sutojayan Blitar (2016-sekarang)

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**
    1. S2: Pendidikan Bologi-Universitas Negeri Malang (2014-2016).
    2. S1: Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang (2010-2014).

- **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**
    1. Pengaruh Model Pembelajaran Biologi Berbasis *Reading Concept Map Reciprocal Teaching* terhadap Keterampilan Metakognitif, Keterampilan Berpikir Kritis, dan Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas X di SMA Negeri Kota Batu (2016).
    2. Memberdayakan Keterampilan Metakognitif dan Hasil Belajar Kognitif Siswa dengan Model Pembelajaran *Reading Concept Map Reciprocal Teaching* (Remap RT) (2016).
    3. *Reading Concept Map Reciprocal Teaching* (Remap RT) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa (2016).
    4. Keterampilan Metakognitif Siswa SMA Negeri Batu pada Mata Pelajaran Biologi (2015).
    5. Penerapan Model Pembelajaran *Quantum Teaching* dipadu dengan *Mind Mapping* untuk Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar Siswa Kelas XI IPA di SMAN 8 Malang (2014).

Penelaah 1

Nama Lengkap : Ana Ratna Wulan
Perguruan Tinggi : Universitas Pendidikan Indonesia
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi
Telp Kantor/HP : 022-2001937
E-mail : ana_ratna_upi@ahoo.com
Alamat Kantor : Jl. Setiabudhi No. 229, Kec. Sukasari, Kota Bandung

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S3: Universitas Pendidikan Indonesia Dr. 2007
2. S2: Universitas Pendidikan Indonesia M.Pd. 2003
3. S1: Universitas Pendidikan Indonesia S.Pd. 1998

Penelaah 2

Nama Lengkap : Herawati Susilo
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Malang
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi
Telp Kantor/HP : 0341-562180/ 08123271741
E-mail : herawati.susilo.fmipa@um.ac.id
Alamat Kantor : Jl. Semarang No. 5, Kota Malang

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S3: University of Iowa USA Ph.D. 1987
2. S2: University of Iowa USA M.Sc. 1984
3. S1: IKIP Malang Dra. 1978

Penelaah 4

Nama Lengkap : Dadan Rosana
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta
Bidang Keahlian : Pendidikan IPA
Telp Kantor/HP : 081392859303
E-mail : danrosana@uny.ac.id
Alamat Kantor : Jl Colombo No. 1, Kec. Depok, Kota Yogyakarta

■ **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S3: Universitas Negeri Yogyakarta Dr. 2008
2. S2: Institut Teknologi Bandung M.Si. 1997
3. S1: IKIP Bandung S.Pd. 1992

Penelaah 5

Nama Lengkap : Enny Ratnaningsih
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Bandung
Bidang Keahlian : Kimia
Telp Kantor/HP : (+62) 22[2502103] ext: 2205
E-mail : enny@chem.itb.ac.id
Alamat Kantor : Jl. Ganesha No. 10 Bandung

■ **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S3: Monash University Dr. 1991
2. S2: Institut Teknologi Bandung M.Si. 1987
3. S1: Institut Teknologi Bandung S.Si. 1983

Penelaah 6

Nama Lengkap : Maria Paristiowati
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Jakarta
Bidang Keahlian : Pendidikan Kimia
Telp Kantor/HP : 021-4896669
E-mail : maria.paristiowati@unj.ac.id/
maria.Paristiowati@gmail.com
Alamat Kantor : Jl. Pemuda No. 10, Rawamangun, Jakarta Timur

■ **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S3: Universitas Negeri Jakarta Dr. 2015
2. S2: Institut Teknologi Bandung M.Si. 2001

Penelaah 7

Nama Lengkap : Ahmad Mudzakir
Perguruan Tinggi : Universitas Pendidikan Indonesia
Bidang Keahlian : Kimia
Telp Kantor/HP : 022-2000579/ 085221068479
E-mail : zakir66@upi.edu
Alamat Kantor : Jl. Setiabudhi No. 229, Kec. Sukasari, Kota Bandung

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S3: Otto-von-Guericke Universität Magdeburg Germany Dr. 2004
2. S2: Universitas Gadjah Mada Jogyakarta M.Si. 1997
3. S1: IKIP Bandung S.Pd. 1990

Editor

Nama Lengkap : Renni Diastuti, M.Si
Telp Kantor/HP : 3804228/081399423047
E-mail : rennie_dt@yahoo.com
Alamat Kantor : Jl. Gunung Sahari Raya No. 4
Bidang Keahlian : Biologi

- **Riwayat Pekerjaan/Profesi:**

1. 2006 - 2011 : Staf Bidang Pendidikan Khusus, Pusat Kurikulum, Balitbang, Kemdikbud
2. 2011- 2015 : Staf Bidang Kurikulum dan Perbukuan Pendidikan Dasar di Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Balitbang, Kemdikbud
3. 2016 - sekarang: Staf Bidang Kurikulum di Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Balitbang, Kemdikbud

- **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S2: Pascasarjana/Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia (2004 -2007)
2. S1: FMIPA1995) /Biologi/Mikrobiologi/IPB (1988-1995)

- **Judul Buku yang Pernah Diedit (10 Tahun Terakhir):**

1. Ilmu Pengetahuan Alam Buku Siswa Kelas VII, Cetakan Ke-1, 2013
2. Ilmu Pengetahuan Alam Buku Guru Kelas VII, Cetakan Ke-1, 2013
3. Ilmu Pengetahuan Alam Buku Siswa Kelas VIII, Cetakan Ke-1, 2014
4. Ilmu Pengetahuan Alam Buku Guru Kelas VIII, Cetakan Ke-1, 2014
5. Ilmu Pengetahuan Alam Buku Siswa Kelas IX, Cetakan Ke-1, 2015
6. Ilmu Pengetahuan Alam Buku Guru Kelas IX, Cetakan Ke-1, 2015

Daftar Pustaka

Berwald, Juli. dkk. 2007. *Focus on Life Science Grade 7*. Ohio : McGraw-Hill Companies CCSSO.

Campbell, N.A., Reece. J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V., & Jackson, R.B. 2008. *Biology 8th edition*. USA: Pearson Education, Inc.

Corey, B. J., dan David, R.B. (editors). 2005. *Clinical Adult Neurology Third Edition*. New York: Demos Medical Publishing.

Cullen, J. Tanpa tahun. *Student Laboratory Notebook 2nd Edition* Junior Certificate Science Solutions.

Dingrando, L. dkk. 2007. *Focus on Physical Science*. New York: McGraw–Hill Companies.

Eddleman, S. 2007. *CPO Focus on Life Science*. New Hampsire: Delta Education LLC.

Ezrallson, C. dkk. 2005. *Waves, Sound, and Light*. New York : McGraw-Hill Companies.

Feather, R. M., dan Zike, D. 2005. *Astronomy*. Ohio : McGraw-Hill Companies.

Harter, Penny. dkk. 1996. *Life Science*. La Alameda Press.

Kimball. 1990. *Biologi Jilid 2*. Jakarta: Erlangga

Lee, B. H. 2013. *Real Science Odyssey Biology 2 Teacher Guide*. Pandia Press.

Longhurst, M. L. Tanpa tahun. *The Search for Water Cycle Teacher's Edition*.

Mader SS, Longenbaker S. 2004. *Understanding Human Anatomy & Phisiology 5th ed*. New York: McGraw Hill Companies

Marieb, E.N. & Hoehn, K., 2012. *Human Anatomy and Physiology*. San Francisco: Pearson.

Nelson, P. C. 2002. *Biological Physics: Energy, Information, Life*. www. physics.upenn.edu/~pcn/.

Parravano. dkk. 2006. *BSCS Biology A Molecular Approach*. Ohio: McGraw-Hill Companies.

Posner, J. B, dkk. 2007. *Plum's And Posner's Diagnosis of Stupor and Coma Fourth Edition*. New York: Oxford University Press.

Pradhan, B. dkk. 2012. *Teacher's Manual Class VI*. Bhutan: Department of Curriculum Research and Development, Ministry of Education.

Reece, Jane B. dkk. 2012. *Biology 7th Edition*. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings.

Russell, A. 2004. *Primary Science for the Caribbean*. Cheltenham: Nelson Thornes Ltd.

Saxena, M. S. dkk. 2012. *Science Class 10*. Bhopal: Madhya Pradesh Rajya Shiksha Kendra.

Shier, D. dkk. 2010. *Hole's Human Anatomy & Physiology 12th Edition*. New York: McGraw–Hill Companies.

Simmons, N. 2004. *Science Success: Teacher Guide Supporting Student Science Fair projects*. Bay Area Science and Enggineering Fair (BASEF).

Singh, V. P. dkk. tanpa tahun. *Learning by Doing Science Activity Book Class VIII*. Delhi: Central Board of Secondary Education.

Solomon, E.P, Berg, L. R, Martin, D. W. 2008. *Biology 8th Edition*. Singapore: Thomson.

Spice, J. E. dkk. 1972. *Physical Science Teachers' Guide The Basic Course Sections 1 to 7*. Harmondsworth: Penguin Books.

Tharp, B. Z. dkk. 2009. *The Science of the Heart and Circulation*. Texas:Baylor College of Medicine Houston.

Tim Penulis. 2003. *Andrew Lost Science Resource Kit*. Random House Children's Books.

Tim Penulis. 2003. *BSCS Biology A Human Approach Second Edition*. Lowa: Kendall/ Hunt Publishing Company.

Tim Penulis. Tanpa tahun. *Life Science*. Houston: Arte Publico Press.

Tim Penulis. Tanpa tahun. *Reading Essentials for Biology an Interactive Student Textbook*. Ohio: McGraw-Hill Companies.

Tim Penulis. Tanpa tahun. *Science Notebook Life Science*. Ohio: McGraw-Hill Companies.

Tim Penulis. Tanpa tahun. *Young Scientist Activity Book Class VIII Sample Pages*. EduHeal Foundation Learning for Life.

Vihar, P. 2009. *Class VIII Learning by Doing*. Delhi: Central Board Of Secondary Education.

Website

www.aboutkidshealth.ca, diunduh pada tanggal 27 November 2015

www.apakabardunia.com, diunduh pada tanggal 2 Maret 2016

www.biology-forum.com, diunduh pada tanggal 29 Oktober 2015

www.brooksidepress.org, diunduh pada tanggal 12 Oktober 2015

www.cellobello.com/ Diunduh pada tanggal 23 Februari 2014.

www.centralparkent.net, diunduh pada tanggal 28 November 2015

www.ctgclean.com, diunduh pada tanggal 29 Oktober 2015

www.ecx.images-amazon.com, diunduh pada tanggal 28 November 2015

www.diytrade.com, diunduh pada tanggal 29 Oktober 2015

www.en.wikipedia.org, diunduh pada tanggal 9 Desember 2015

www.garwvalleymc.co.uk, diunduh pada tanggal 29 Oktober 2015

www.hendrix2.uoregon.edu, diunduh pada tanggal 28 November 2015

www.hngn.com, diunduh pada tanggal 2 Maret 2016

www.i.ytimg.com, diunduh pada tanggal 28 November 2015

www.inhabitat.com, diunduh pada tanggal 9 Desember 2015

www.laboratory-equipment.com, diunduh pada tanggal 29 Oktober 2015

www.louisville.edu, diunduh pada tanggal 27 November 2015

www.louisville.edu, diunduh pada tanggal 27 November 2015

www.meritnation.com, diunduh pada tanggal 22 Oktober 2015

www.medicalassessmentonline.com, diunduh pada tanggal 27 November 2015

www.mirror-au-nsw1.gallery.hd.org, diunduh pada tanggal 12 Oktober 2015

www.learnzoology. com dan www.evolution.berkeley.edu, diunduh pada tanggal 23 Februari 2014.

www.oerpub.github.io, diunduh pada tanggal 2 Maret 2016

www.radiopaedia.org, diunduh pada tanggal 27 November 2015

www.sukasains.com, diunduh pada tanggal 9 Desember 2015

www.surabayanews.co.id, diunduh pada tanggal 28 November 2015

www.usaballoon.com, diunduh pada tanggal 9 Desember 2015

www.truvue-it.com, diunduh pada tanggal 15 September 2015

www.vet.uga.edu, diunduh pada tanggal 27 November 2015

Glosarium

A

Adhesi Tarik menarik di antara jenis-jenis molekul yang berbeda

Akar Organ tumbuhan vaskuler yang menambatkan dan memungkinkan tumbuhan untuk menyerap air dan mineral dari tanah

Alat optik Alat yang prinsip kerjanya menggunakan lensa; mata, lup, dan lain-lain

Albuminaria Kelainan yang terjadi akibat adanya kerusakan pada glomerulus yang berperan dalam proses filtrasi, sehingga pada urine ditemukan adanya protein

Alveoli Gelembung paru-paru, unit pernapasan

Alveolus (jamak, alveoli) Salah satu dari kantong udara buntu yang berlobus banyak, tempat terjadinya pertukaran gas pada paru-paru

Amonia Hasil proses metabolisme asam amino

Amplitudo Simpangan maksimum dari titik keseimbangan

Arteri Pembuluh yang membawa darah keluar dari jantung ke organ-organ di seluruh tubuh

Asam amino Unit terkecil penyusun protein

Asma Kelainan yang ditandai dengan penyempitan pada saluran pernapasan

Atmosfer Lapisan bumi yang berupa udara

B

Batang Organ tumbuhan vaskuler yang terdiri atas sistem nodus dan internodus yang silih berganti, berfungsi untuk menyokong tanaman

Batu ginjal Gangguan berupa terbentuknya endapan garam kalsium di dalam rongga ginjal, saluran ginjal atau kantung kemih. Batu ginjal berbentuk kristal yang tidak dapat larut

Bayangan maya Bayangan yang tidak nyata

Bayang-bayang Suatu daerah gelap yang terbentuk pada saat sebuah benda menghalangi cahaya yang mengenai suatu permukaan; Bentukan yang tampak pada cermin benda lain yang memiliki frekuensi sama bergetar di sekitarnya

Biang keringat Penyakit yang terjadi karena kelenjar keringat tersumbat oleh sel-sel kulit mati yang tidak dapat terbuang secara sempurna. Keringat yang terperangkap tersebut menyebabkan timbulnya bintik-bintik kemerahan yang disertai gatal

Biji Adaptasi sebagian tumbuhan darat, terdiri atas embrio yang dikemas bersama simpanan makanan dalam selubung pelindung

Bilirubin Pigmen berwarna kuning-oranye hasil ekskresi hati; Bilirubin dihasilkan dari perubahan hemoglobin yang terdapat pada sel darah merah

Biliverdin Pigmen berwarna hijau hasil pengubahan hemin

Bronkiolus Cabang halus bronkus yang menyalurkan udara ke alveoli

Bronkus (jamak, bronki) Satu dari sepasang saluran pernapasan yang bercabang dari trakea menuju ke dalam paru-paru

Bunyi Gelombang longitudinal yang merambatkan energi gelombang di udara sampai terdengar oleh reseptor pendengar

Buta warna Kelainan pada mata; tidak dapat mengidentifikasi perbedaan warna dengan benar

Cahaya Sinar yang berasal dari sesuatu yang memancarkan cahaya (seperti matahari, lampu) yang memungkinkan mata menangkap bayangan benda-benda di sekitarnya

Cepat rambat gelombang Jarak yang ditempuh gelombang per sekon

Cermin Kaca bening yang salah satu mukanya dicat dengan air raksa dan sebagainya sehingga dapat memperlihatkan bayangan benda yang ditaruh di depannya

D

Darah Jaringan ikat dengan matriks cair yang disebut plasma tempat sel darah merah, sel darah putih, dan fragmen sel yang disebut platelet tersuspensi

Daun telinga Bagian telinga luar yang berfungsi mengumpulkan gelombang suara ke saluran telinga

Daun Organ fotosintetik utama dari tumbuhan vaskuler

Defekasi Proses pengeluaran sisa pencernaan

Dermis Lapisan yang terdapat berbagai jenis jaringan. Pada lapisan dermis terdapat otot penggerak

Desah Bunyi yang memiliki frekuensi tidak teratur

Diabetes insipidus Penyakit yang disebabkan karena seseorang kekurangan hormon ADH atau hormon antidiuretik. Kondisi tersebut menyebabkan keinginan buang air kecil secara terus menerus

Diafragma Lapisan otot yang membentuk dinding bawah dari rongga dada mamalia. Kontraksi diafragma menarik udara ke dalam paru-paru

Diastol Tahapan siklus jantung ketika sebuah ruang jantung berelaksasi dan terisi oleh darah

Difusi Pergerakan spontan zat mengikuti gradien konsentrasinya, dari daerah yang konsentrasinya lebih tinggi ke daerah yang konsentrasinya lebih rendah

Divergen Lensa cekung sering disebut lensa penyebar

E

Ekolokasi Sonar biologi yang digunakan oleh beberapa jenis binatang, sebagai alat navigasi dan berburu

Ekskresi Pembuangan zat-zat sisa metabolisme yang beracun bagi tubuh

Ekspirasi Proses mengembuskan udara yang melibatkan pertukaran udara antara atmosfer dengan alveolus

Empedu Campuran zat-zat yang dihasilkan oleh hati namun disimpan dalam kandung empedu dan yang membantu proses pencernaan dan penyerapan lemak

Epidermis Sistem jaringan dermis tumbuhan tak berkayu, biasanya terdiri atas selapis tunggal sel-sel yang tersusun rapat

Epiglotis Tulang rawan (kartilago) yang berbentuk seperti daun, yang dilapisi oleh sel-sel epitel, dan berfungsi mencegah masuknya makanan atau benda asing lain ke dalam laring dan trakea, sehingga makanan atau benda asing tersebut dapat masuk ke dalam esofagus (kerongkongan)

Eritrosit Sel darah yang mengandung hemoglobin, yang mengangkut oksigen; disebut juga sel darah merah

Esofagus Saluran yang menghantarkan makanan, melalui gerak peristaltik dari faring ke lambung

Faring Daerah pada kerongkongan manusia yang merupakan tempat persilangan saluran udara dan saluran makanan

Faringitis Infeksi pada faring oleh kuman penyakit seperti virus, bakteri, maupun jamur. Virus yang dapat menyebabkan faringitis misalnya, *Adenovirus, Orthomyxovirus, Rhinovirus*, dan *Coronavirus*

Feses Zat-zat buangan dari saluran pencernaan

Filtrasi Penyaringan/pengambilan air dan zat-zat terlarut yang berukuran kecil, termasuk zat-zat buangan metabolik, dari cairan tubuh

Filtrat Cairan bebas sel yang dikeluarkan dari cairan tubuh oleh sistem ekskresi

Floem Jaringan pembuluh vaskuler yang terdiri atas sel-sel hidup yang tersusun menjadi saluran-saluran memanjang yang mengangkut gula dan nutrisi organik lain ke seluruh bagian tumbuhan

Fotosintesis Perubahan energi cahaya menjadi energi kimia yang disimpan dalam gula dan senyawa-senyawa organik lainnya, terjadi pada tumbuhan, alga, dan prokariot tertentu

Frekuensi Jumlah gelombang yang terbentuk dalam 1 sekon

Frekuensi gelombang Jumlah gelombang yang terbentuk per sekon

Frekuensi getaran Jumlah getaran per sekon

G

Gaung Bunyi pantul yang hanya sebagian terdengar bersama-sama dengan bunyi asli sehingga bunyi asli terdengar tidak jelas

Gaya apung maksimum Gaya apung jika seluruh benda berada di bawah permukaan zat cair

Gelombang elektromagnetik Cahaya memiliki beberapa sifat, yaitu merambat

Gelombang longitudinal Gelombang yang arah rambatnya sejajar dengan arah getarnya

Gelombang transversal Gelombang yang arah rambatnya tegak lurus dengan arah getarnya

Gelombang Getaran yang merambat

Gema Bunyi pantul yang terdengar sesudah bunyi asli

Getaran Gerak bolak-balik benda secara teratur melalui titik keseimbangan

Ginjal Organ yang memiliki fungsi sebagai penyaring darah

Globin Hasil perubahan hemoglobin yang terdapat pada sel darah merah

H

Hati Organ terbesar dalam tubuh vertebrata. Hati berperan dalam menghasilkan empedu, mempersiapkan zat sisa untuk dibuang, dan mendetoksifikasi zat-zat kimia beracun dalam darah

Hemin Hasil perubahan hemoglobin yang terdapat pada sel darah merah

Hematuria Suatu kelainan yang ditandai dengan adanya sel-sel darah merah pada urine. Hal ini disebabkan peradangan pada saluran kemih akibat gesekan dengan batu ginjal

Hemoglobin Protein yang mengandung besi dalam sel darah merah yang berikatan dengan oksigen

Hipermetropi Kelainan pada mata; tidak dapat melihat benda yang berada pada jarak dekat karena bayangan terbentuk di belakang retina; dapat ditolong dengan lensa cembung

Hormon ADH (*antidiuretic hormone*) hormon yang sering dikenal dengan vasopresin yang dihasilkan oleh hipotalamus yang mendorong penyerapan air pada ginjal

Hukum Archimedes Jika suatu benda dicelupkan ke dalam suatu zat cair, maka benda itu akan memperoleh tekanan ke atas yang sama besarnya dengan berat zat cair yang didesak oleh benda tersebut

Hukum Pascal Tekanan yang diberikan kepada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dengan besar yang sama

I

Indra penglihatan Salah satu indra pada tubuh manusia; berupa mata

Influenza Penyakit yang dapat disebabkan oleh infeksi ratusan virus. Kelompok virus yang sering menjadi penyebab influenza adalah *Orthomyxovirus*

Inkus Bagian penyusun telinga yang berfungsi meneruskan getaran dari gendang telinga ke rumah siput

Inspirasi Proses menghirup udara yang melibatkan pertukaran udara antara atmosfer dengan alveolus

Iris Bagian yang mengelilingi pupil; merupakan bagian berwarna pada mata yang terletak di belakang kornea

J

Jantung Pompa berotot yang menggunakan energi metabolik untuk meningkatkan hidrostatis sirkulasi cairan. Cairan kemudian mengalir menuruni gradien tekanan melalui seluruh tubuh dan akhirnya kembali ke jantung

Jaringan adiposa Jaringan ikat yang membungkus tubuh dan berperan sebagai cadangan bahan bakar, mengandung sel-sel penyimpan lemak yang disebut sel-sel adiposa

Jaringan Kelompok sel yang terintegrasi dengan kesamaan fungsi, struktur atau keduanya

Jendela oval Celah yang tertutup membran pada tulang tengkorak, tempat gelombang suara diteruskan dari telinga tengah ke telinga dalam

K

Kamera Kotak kedap sinar yang dipasang oleh lensa yang menyambung pada lubang lensa tempat gambar (objek) yang direkam oleh alat yang pekat cahaya

Kandung empedu Organ yang menyimpan dan melepaskan empedu jika diperlukan ke dalam usus halus

Kandung kemih Kantong tempat penyimpanan urine sebelum dibuang

Kanker ginjal Penyakit yang timbul akibat pertumbuhan sel yang tidak terkendali pada ginjal

Kanker paru-paru Pertumbuhan sel-sel yang tidak terkendali pada jaringan dalam paru-paru

Kapiler Pembuluh darah mikroskopik yang menembus jaringan-jaringan dan terdiri atas selapis sel endotelium yang memungkinkan terjadinya pertukaran antara darah dan cairan interstisial

Kohesi Pengikatan molekul yang sejenis, seringkali melalui ikatan hidrogen

Koklea Organ pendengaran yang kompleks dan mengumpar, mengandung organ korti

Kolesterol Steroid yang membentuk komponen esensial dari membran sel hewan dan bertindak sebagai molekul prekursor untuk sintesis steroid lain yang penting secara biologis, misalnya hormon

Konvergen Lensa cembung sering disebut dengan lensa pengumpul

Kornea Bagian depan yang transparan pada sklera, yang memungkinkan cahaya masuk ke mata manusia

Koroid Lapisan tengah mata; lapisan ini membentuk iris

Korteks Jaringan dasar yang terletak di antara jaringan vaskuler dan jaringan dermis pada akar atau batang tumbuhan

Kulit Organ ekskresi yang mengeluarkan bahan yang hampir sama dengan ginjal, yakni sampah nitrogen berupa urea

L

Laring Organ pernapasan yang menghubungkan faring dengan trakea, dan dikenal sebagai ruang suara

Lemak Lipid yang tersusun atas tiga asam lemak yang bertautan dengan satu molekul gliserol; disebut juga triasilgliserol atau trigliserida

Lensa mata Lensa mata atau lensa okuler

Lensa objektif Lensa yang posisinya dekat dengan objek/benda yang sedang diamati

Lensa okuler Lensa yang posisinya dekat dengan mata pengamat

Lensa (1) Salah satu bagian mata yang berfungsi untuk memfokuskan cahaya yang masuk ke mata; (2) kaca bulat melengkung (seperti kaca pembesar, kaca potret) yang memiliki kemampuan membiaskan bayangan

Lup Alat yang terdiri atas kaca (lensa) yang diberi pegangan yang dapat membuat benda terlihat lebih besar daripada benda aslinya

M

Makrofag Suatu jenis sel darah putih

Maleus Bagian penyusun telinga yang berfungsi meneruskan getaran dari gendang telinga ke rumah siput

Mata majemuk Mata yang jumlahnya sangat banyak sekali yang dimiliki oleh serangga

Mata Organ pada tubuh manusia yang berfungsi untuk melihat

Metabolisme Keseluruhan reaksi kimia suatu organisme, terdiri atas jalur katabolik dan jalur anabolik yang mengatur material dan sumber energi sel

Mikroskop Alat untuk melihat benda yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang

Miopi Kelainan pada mata; tidak dapat melihat benda yang berada pada jarak jauh karena bayangan terbentuk di depan retina; dapat ditolong dengan lensa cekung

N

Nada Bunyi yang memiliki frekuensi getaran teratur

Nefritis Peradangan pada nefron, yaitu kerusakan bagian glomerulus ginjal. Nefritis disebabkan oleh infeksi bakteri *Streptococcus*

Nefron Satuan ekskresi yang berbentuk tabung pada vertebrata

Nutrisi Proses yang terjadi ketika organisme mengambil dan menggunakan zat makanan

O

Omatidia Reseptor penglihatan pada serangga

Organ korti Organ pendengaran aktual telinga, terletak di dasar saluran koklea pada telinga dalam, mengandung sel-sel reseptor telinga

Organ Pusat terspesialisasi dari fungsi tubuh yang tersusun atas beberapa jenis jaringan berbeda

Osmosis Difusi air yang melewati membran yang selektif permeabel

Otak Organ sistem saraf pusat tempat informasi diolah dan diintegrasikan

P

Paru-paru Organ ekskresi yang mengeluarkan sisa metabolisme berupa CO_2 dan H_2O

Pelvis renalis Ruang berbentuk corong yang menerima filtrat hasil olahan dari saluran pengumpul ginjal vertebrata dan mengalirkan isinya ke ureter

Pemantulan baur Pemantulan yang terjadi jika cahaya dipantulkan oleh bidang yang tidak rata, seperti tanah, tembok, dan bebatuan

Pemantulan teratur Pemantulan yang terjadi jika cahaya dipantulkan oleh bidang yang rata, seperti cermin datar

Pembiasan Penyimpangan (pembelokan) berkas cahaya yang keluar dari lensa

Periode gelombang Waktu yang diperlukan untuk menempuh satu gelombang

Periode getaran Waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu kali getaran

Pertukaran gas Pengambilan molekul oksigen dari lingkungan dan pelepasan karbon dioksida ke lingkungan

Pleura Selaput rangkap dua yang membungkus paru-paru. Pleura berfungsi melindungi paru-paru dari gesekan saat mengembang dan mengempis

Pneumonia Infeksi atau inflamasi pada bronkiolus dan alveolus

Presbiopi Kelainan mata yang menyebabkan tidak mampu melihat dengan jelas benda-benda yang berada di jarak jauh maupun benda yang berada pada jarak dekat. Kelainan ini disebut juga rabun jauh dan dekat atau rabun tua, karena kelainan mata ini biasanya diderita oleh orang yang sudah tua

Pupil Bagian berwarna hitam yang merupakan jalan masuknya cahaya ke dalam mata

R

Rambut akar Penjuluran kecil sel epidermis akar, tumbuh tepat di belakang tudung akar dan meningkatkan luas permukaan untuk penyerapan air dan mineral

Resonansi Peristiwa ikut bergetarnya suatu benda akibat bergetarnya benda lain yang memiliki frekuensi sama

Respirasi Proses pertukaran gas yang terjadi di dalam tubuh makhluk hidup

Retina Lapisan terdalam dari mata yang mengandung sel-sel fotoreseptor (sel batang dan sel kerucut) dan neuron; meneruskan citra yang terbentuk di lensa ke otak melalui saraf optik.

Rhodopsin Pigmen penglihatan yang tersusun atas retinal dan opsin. Ketika rhodopsin menyerap cahaya , retinal berubah bentuk dan melepaskan diri dari opsin dan setelah itu berubah lagi ke bentuk aslinya

S

Saluran eustachius Saluran yang menghubungkan ruang telinga tengah dengan rongga mulut (faring) berfungsi untuk menjaga tekanan udara antara telinga tengah dengan saluran di telinga luar agar seimbang. Tekanan udara yang terlalu tinggi atau

rendah disalurkan ke telinga luar dan akan mengakibatkan gendang telinga tertekan kuat sehingga dapat sobek

Saluran telinga Bagian telinga luar yang berfungsi menangkap debu yang masuk ke saluran telinga dan mencegah hewan berukuran kecil masuk ke dalam telinga

Sekresi Pengeluaran zat yang dibentuk sel dan masih diperlukan oleh tubuh

Sel kerucut Sel yang berbentuk kerucut pada retina mata, sensitif terhadap warna

Sistol Tahap siklus jantung ketika ruang jantung berkontraksi dan memompa darah

Sklera Lapisan luar yang berwarna putih dan keras, terbuat dari jaringan ikat yang membantu bola di sekeliling mata

Sonar (*Sound Navigation and Ranging*) dapat digunakan untuk menentukan kedalaman dasar lautan yang diperoleh dengan cara memancarkan bunyi ke dalam air

Sonifikasi Proses pemberian energi gelombang ultrasonik pada suatu bahan (larutan atau campuran) sehingga bahan tersebut dapat menjadi bagian yang sangat kecil

Sphygmomanometer Alat yang berfungsi untuk mengukur tekanan darah

Stele Jaringan vaskuler dari batang atau akar

Sterkobilin Pigmen kecokelatan yang memberikan warna khas pada feses

Stomata (tunggal, stoma) Pori-pori mikroskopik yang diapit oleh sel penjaga pada epidermis daun dan batang serta memungkinkan pertukaran gas antara lingkungan dan bagian dalam tumbuhan

T

Tekanan hidrostatis Tekanan yang dihasilkan oleh zat cair

Tekanan Berbanding lurus dengan besar gaya dan berbanding terbalik dengan luas bidang tekan. Semakin besar dorongan (gaya) yang diberikan, semakin besar pula tekanan yang dihasilkan

Teleskop bias Teleskop kombinasi antara dua lensa cembung yang terletak pada bagian pipa

Teleskop pantul Teleskop yang lensa objektif digantikan oleh

cermin cekung. Bayangan dari sebuah objek yang letaknya jauh terbentuk di dalam tabung teleskop ketika cahaya dipantulkan dari cermin cekung

Teleskop Teropong besar untuk melihat benda-benda yang jauh, misalnya melihat bintang

Tonsilitis Infeksi tonsil yang disebabkan virus dan bakteri. Gejala tonsilitis yaitu sakit tenggorokan, tonsil mengalami peradangan, batuk, sakit kepala, sakit pada bagian leher atau telinga, dan demam. Virus yang dapat menyebabkan tonsilitis yaitu *Adenovirus, Rhinovirus, Influenza*, dan *Coronavirus*. Golongan bakteri yang menyebabkan tonsilitis pada umumnya bakteri *Streptococcus*

Trakea Saluran yang menghubungkan laring dengan bronkus

Transpirasi Penguapan air oleh daun

***Tuberculosis* (TBC)** Infeksi disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Selain menginfeksi paru-paru, bakteri ini juga dapat menginfeksi bagian lain dari tubuh

Tubulus distal Bagian nefron yang membantu menyaring kembali filtrat dan menyalurkannya ke dalam saluran pengumpul

Tubulus proksimal Bagian nefron yang terletak di sebelah bawah kapsula bowman yang mengangkut dan membantu menyaring kembali filtrat

Tulang pendengaran Bagian telinga tengah yang berfungsi meneruskan getaran dari gendang telinga ke rumah siput

Ultrasonik Bunyi dengan frekuensi lebih dari 20.000 Hz

Ultrasonografi (USG) Teknik pencitraan untuk diagnosis dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Frekuensi yang digunakan berkisar antar 1 hingga 18 megahertz. USG dapat digunakan untuk melihat struktur internal dalam tubuh, seperti tendon, otot, sendi, pembuluh darah, bayi yang berada dalam kandungan, dan berbagai jenis penyakit, seperti kanker

Urea Zat buangan bernitrogen yang larut dalam air, dihasilkan dalam hati oleh siklus metabolik yang mengombinasikan amonia dan karbon dioksida

Ureter Saluran dari ginjal ke kandung kemih

Uretra Saluran yang melepas urine dari tubuh mamalia di dekat vagina dan melalui penis pada jantan, berperan sebagai saluran keluar untuk urine dari kandung kemih

Urine Sisa ekskresi yang dikeluarkan melalui ginjal

Urobilin Pigmen kuning hasil perubahan urobilinogen, yang nantinya diekskresikan bersama urine

Urobilinogen Hasil perubahan bilirubin yang dibantu oleh bakteri

Vena Pembuluh darah balik, pembuluh yang mengalirkan darah dari jaringan ke jantung

Vertex Titik di permukaan cermin dimana sumbu utama bertemu dengan cermin

Warna bunyi Gabungan gelombang bunyi antara nada dasar dan nada atas yang menyertainya

Xilem Jaringan tumbuhan vaskuler yang terutama terdiri atas sel-sel mati berbentuk tabung yang mengantarkan sebagian besar air dan mineral dari akar ke atas, ke seluruh tubuh tumbuhan

Z

Zat besi Hasil perubahan hemoglobin yang terdapat pada sel darah merah

Indeks

A

Albuminuria 101
Alveolus 53
Amandel 64
Amonia 95
Asma 68

B

Badan Malphigi 83
Batu ginjal 100
Biang keringat 103
Bilirubin 94
Blaise Pascal 18
Bronkiolus 52
Bronkus 52
Bunyi 127
Buta warna 208

C

Cermin cekung 179
Cermin datar 176

D

Daun telinga 144

E

Efek Doppler 146
Ekskresi 82
Ekspirasi 55

F

Faring 50
Faringitis 65
Filtrasi 86
Floem 24
Fokus 178
Fotoreseptor 204
Fotosintesis 28
Frekuensi bunyi 130

G

Garpu tala 132
Gaung 139
Gelombang 119
Gelombang elektromagnetik 119, 172
Gelombang longitudinal 122
Gelombang mekanis 119
Gelombang transversal 121
Gema 140
Gendang telinga 144
Getaran 116
Ginjal 82
Glandula sebasea 90
Glandula sudorifera 90
Globin 94

H

Hati 93
Hematuria 101
Hemin 94
Hemoglobin 94
Hidung 49

Hipermetropi 206
Hipotalamus 90
Hormon ADH 101
Hukum Archimedes 10
Hukum Pascal 15

I

Influenza 63
Inkus 144
Inspirasi 55
Iris 201

J

Jerawat 103

K

Kaca pembesar 214
Kamera 213
Kanker paru-paru 68
Kapal selam 10
Kapasitas total paru-paru 62
Kapasitas vital paru-paru 62
Kapilaritas 28
Kapsula Bowman 83
Karakteristik bunyi 131
Kelelawar 146
Kelenjar keringat 90
Kelenjar minyak 90
Koklea 144
Kornea 201
Koroid 200
Kualitas bunyi 134
Kulit 89

L

Laring 51
Lengkung Henle 84
Lensa 191, 200
Lensa mata 203
Lumba-lumba 147

M

Maleus 144
Mata majemuk 210
Mikroskop 215
Miopi 207

N

Nada 134
Nefritis 100
Nefron 83

Omatidium 210
Osmosis 27

Paru-paru 91, 53
Pelvis renalis 83
Pemantulan baur 168
Pemantulan bunyi 137
Pemantulan gelombang 126
Pemantulan teratur 168
Pembersih ultrasonik 152
Pengujian ultrasonik 154
Pernapasan dada 54
Pneumonia 65
Pompa hidrolik 15

R

Rabun dekat 206
Reabsorbsi 87
Resonansi 134
Retina 200, 204
Rongga ginjal 83
Rumah siput 144

S

Saluran eustachius 144
Sel batang 204
Sel kerucut 204
Shutter 213
Sifat-sifat cahaya 167
Sinar datang 169

Sklera 200
Sonar 146, 150
Sonifikasi 153
Sphygmomanometer 30
Stapes 144
Sterkobilin 94
Streptococcus pneumoniae 65
Streptococcus pyogenes 65

T

Tekanan 6
Tekanan gas 20, 31
Tekanan hidrostatis 6
Tekanan parsial 31
Tekanan zat 3
Teleskop 217
Teleskop bias 217
Teleskop pantul 218
Terapi ultrasonik 151
Titik api 178
Tonsilitis 64
Trakea 52
Tuberculosis 67
Tulang telinga 144

Ultrasonografi 116, 149
Urea 95
Urine primer 86
Urine sekunder 87
Urobilinogen 94

Vertex 178
Vitreous humor 200
Volume cadangan ekspirasi 61
Volume cadangan inspirasi 61
Volume residu 62
Volume tidal 61

Xilem 24

Lawan Narkoba dengan Berprestasi di Sekolah! Say No to Drug!